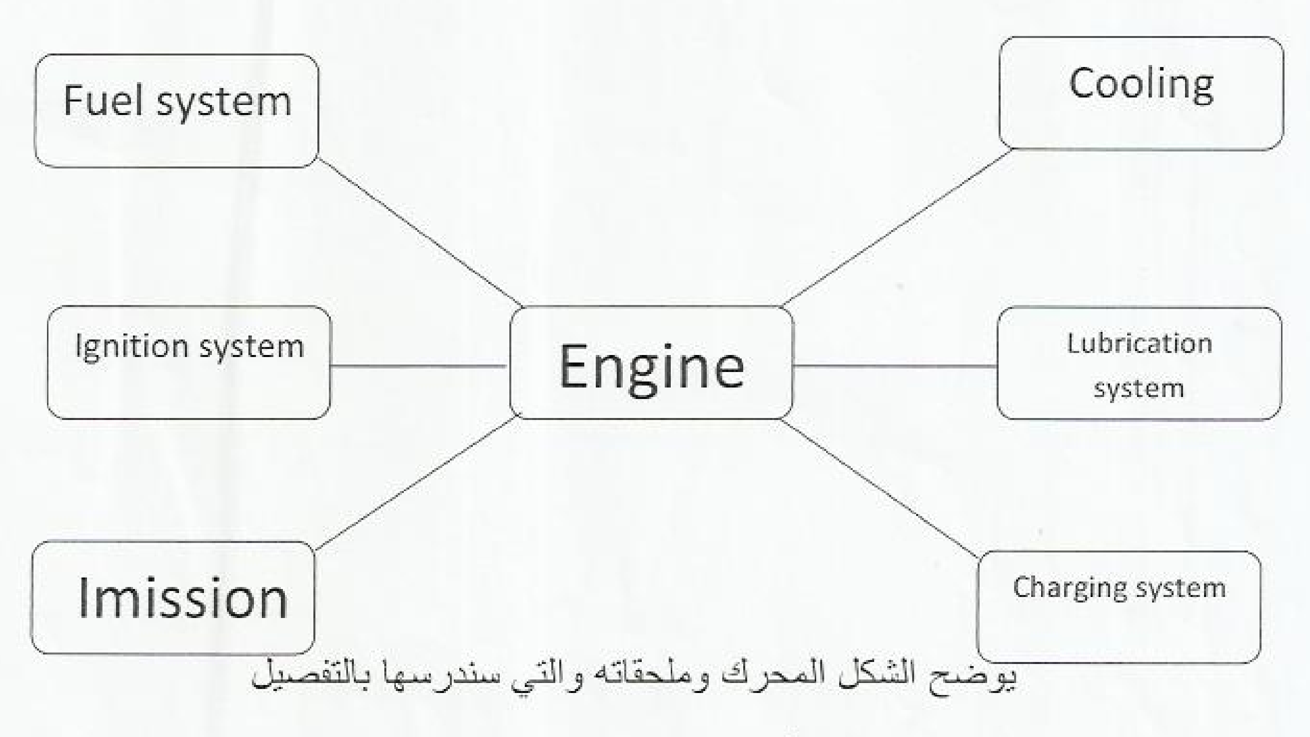
1433/6/11

8 Pages

محاضرات د عوض رشاد

ALAQSA IS OUR GOAL

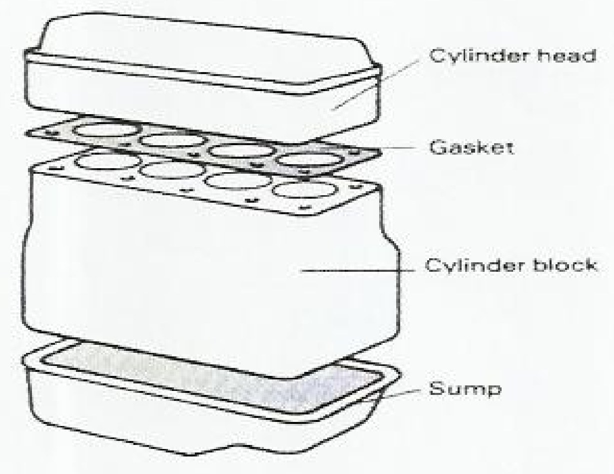


يوضح الشكل المحرك وملحقاته والتي سندرسها بالتفصيل

- الديزل يحتاج تبريد أكثر من البنزين
- لابد نعمل تزييت لكي نقلل القدرة المفقودة في الاحتكاك
- منظومة التشحين تعني أننا نستخدم أداة معينة لإدخال كمية هواء أعلي لغرفة الاحتراق لكي نحرق أكبر كمية وقود وله أربع طرق قد يكون احداها رفع ضغط الشحنة الداخلة
- في نهاية العام يوجد خمس درجات checkللي عمل التقارير
- Engine actual thermal cycle

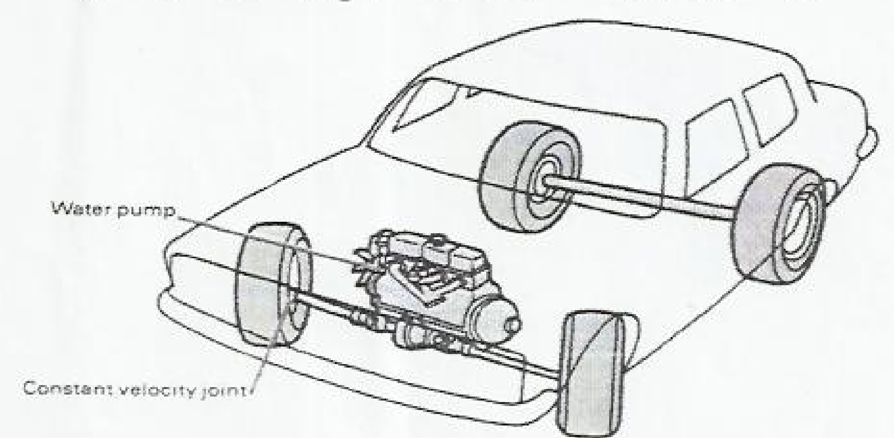
  يذاكر ذاتيا من كتاب وايت هاوس ch 8-9
- صورة توضح تركيب المحرك



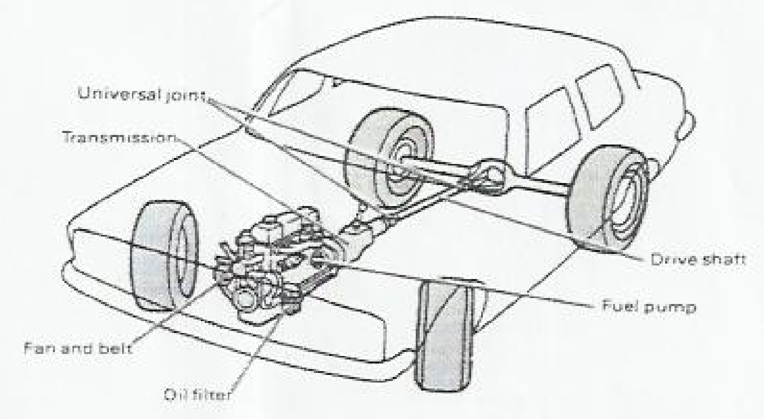


أنواع المحركات من حيث الدفع

1- جر أمامي : حيث العجلتين الأماميتين متصلتين بخرج الماتور ، ويكون الماتور موضوع بشكل عرضي

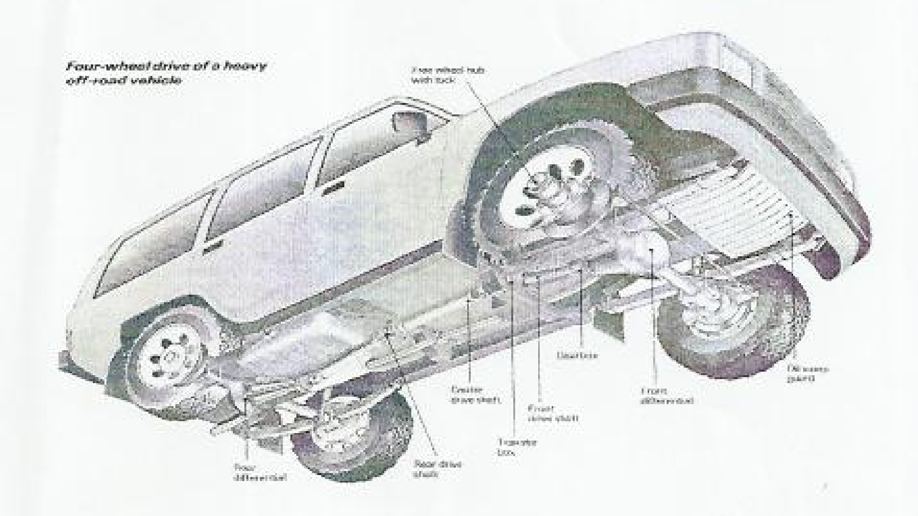


2-دفع خلفي : كما بالشكل الماتور موضوع طولي ولابد من وجود كرونه



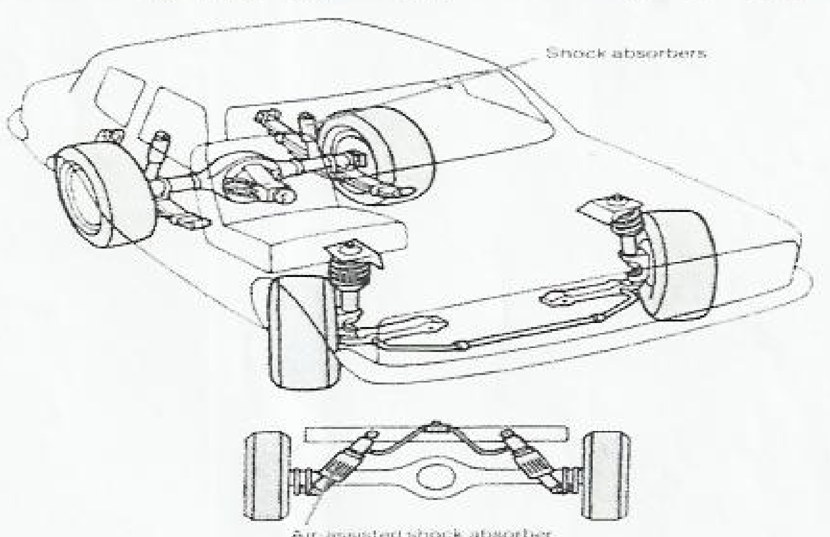
3-دفع رباعي : وهنا يوجد 2 كرونه واحدة للجر الأمامي وأخري للدفع الخلفي ويتميز هذا النوع بملائمته للصحراء

فلو انغرست إطارات المقدمة يساعدها الدفع الخلفي في التحرر والعكس بالعكس



صور عامه

صورة توضح علاقات السيارة ةالتي تقوم بدور مخمدات الحركة



صورة توضح مكونات السيارة

A collapsible steering column prevents injuries in an accident.

The 'one piece' body is a tough steel shell.

A gear lever changes the gears in the gearbox below.

Rear lights include tail lights for night driving, brake lights and turn indicators.

The battery supplies power to start the car and work the spark plugs, lights, heater, wipers and radio.

The air filter cleans the air going into the carburettor.

The carburettor mixes air and petrol into a fuel mixture.

fuel tank

Shock absorbers stop the springs from bouncing up and down too much.

These springs cushion bumps.

engine

spark plug

final drive

The fuel line takes petrol to the engine from the tank at the rear.

An exhaust manifold takes away burnt gases.

A silencer absorbs exhaust noise.

Hot water from the engine flows through the radiator which cools it for recycling through the engine.

handbrake

disc brake

A fan helps to cool the radiator.

brake pads

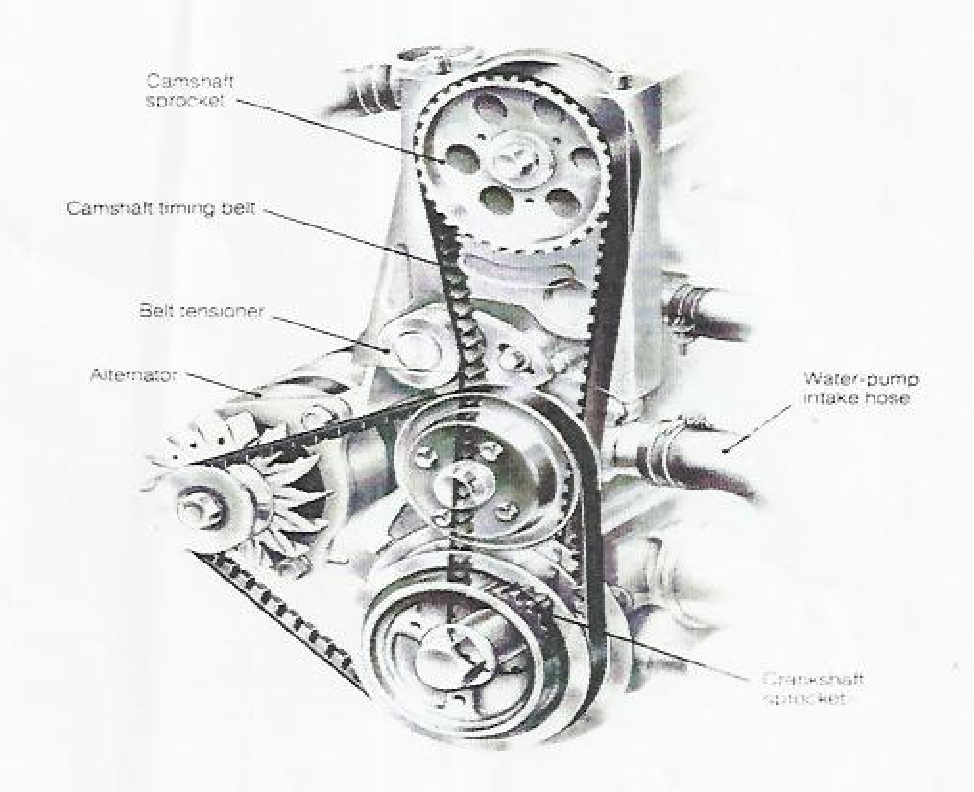
This filter cleans the oil which keeps the engine in good condition.

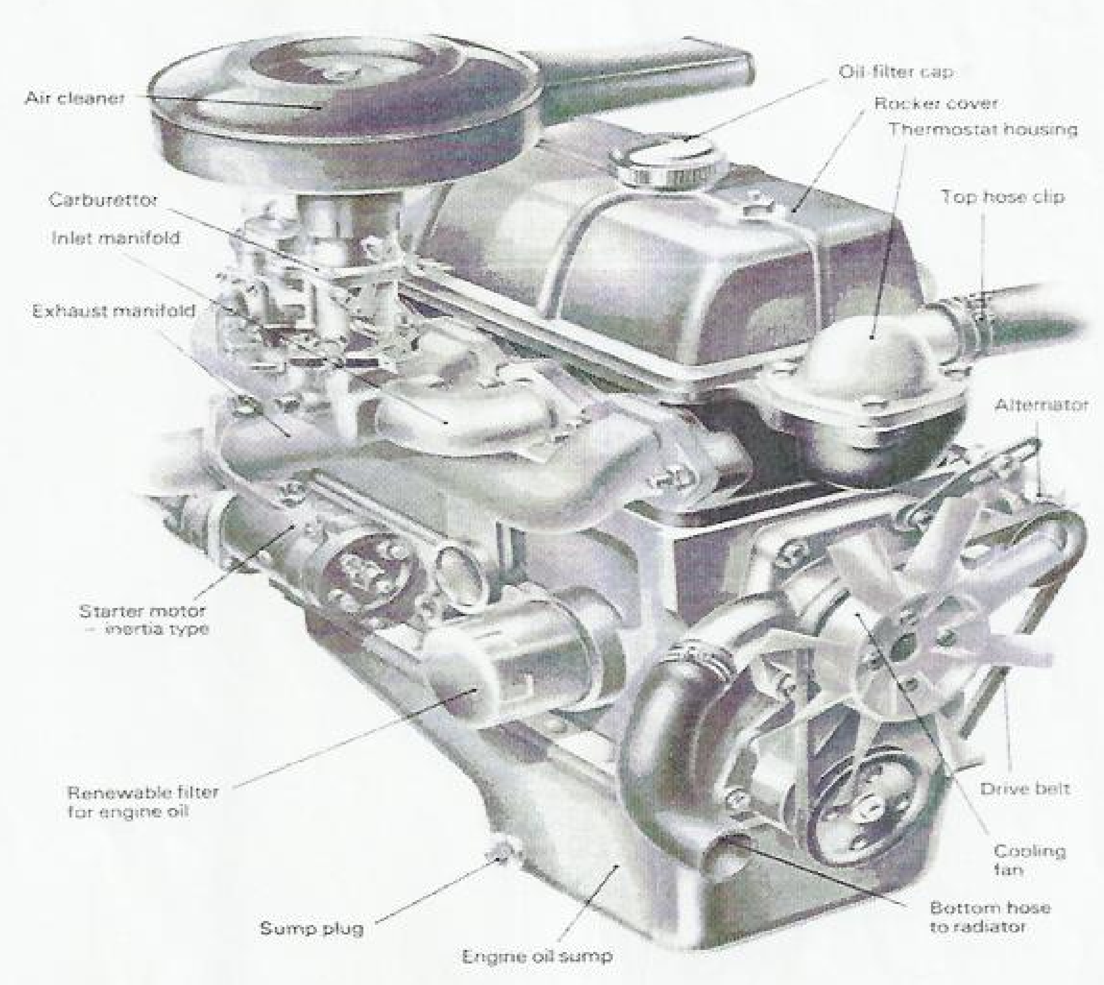
spring and shock absorber

Indicators flash to signal that the car is going to turn.

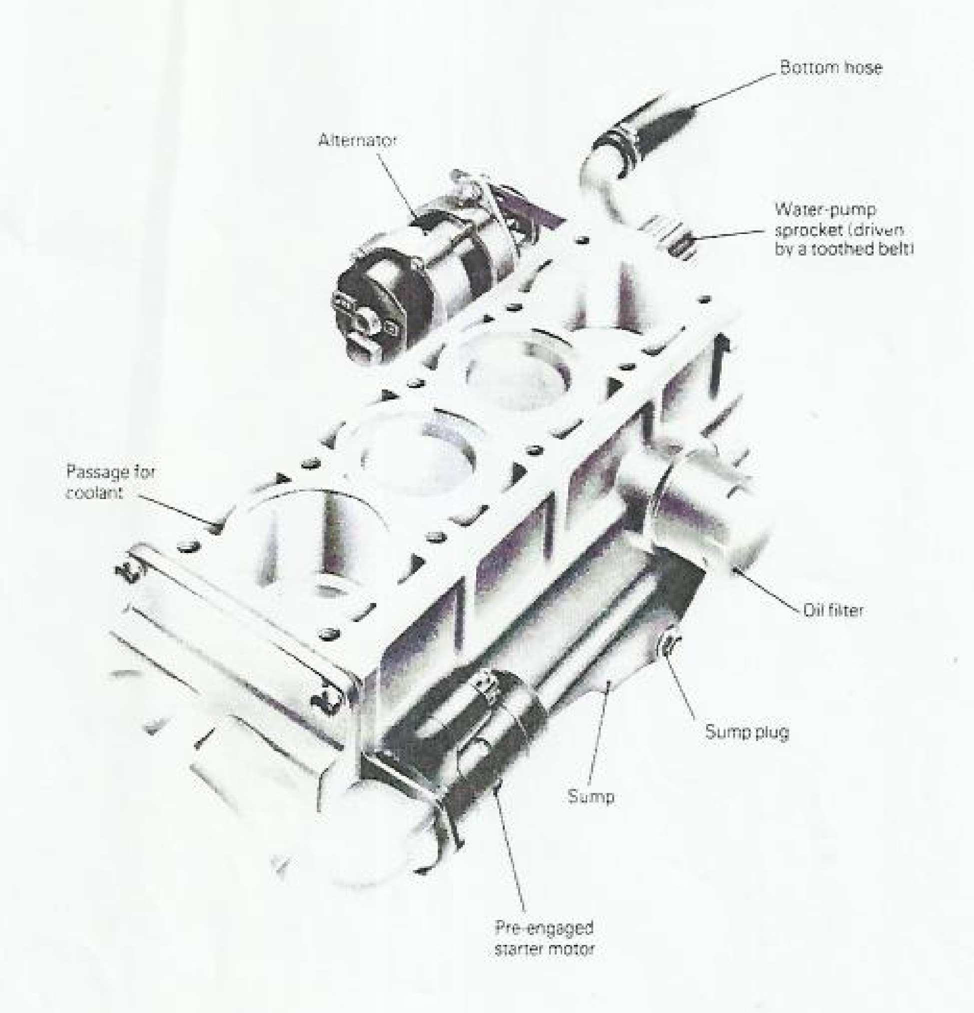
An electric motor starts the car.

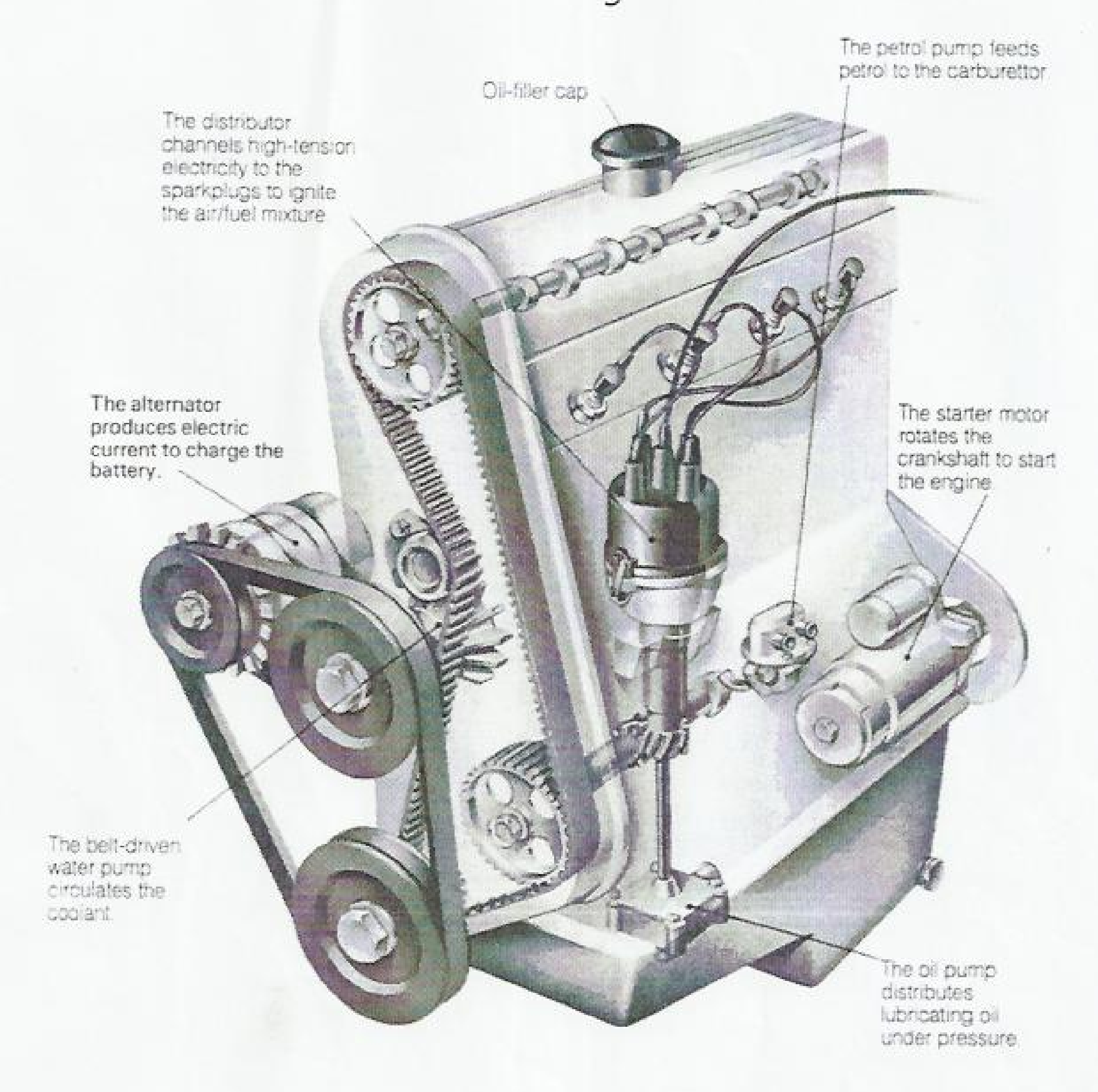

5


Camshaft sprocket
Camshaft timing belt
Belt tensioner
Alternator
Water-pump intake hose
Crankshaft sprocket

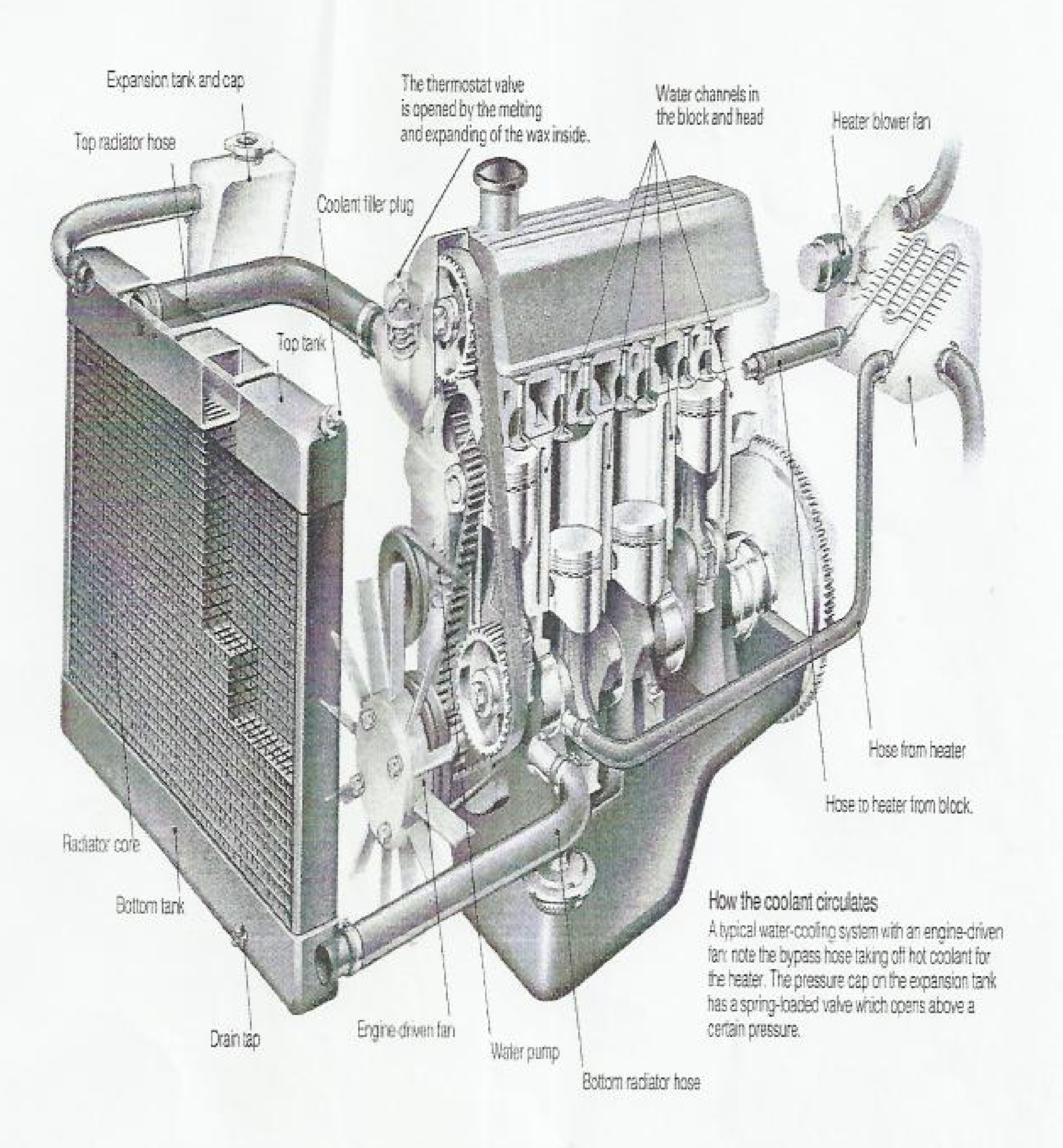

Air cleaner
Oil-filter cap
Rocker cover
Thermostat housing
Carburettor
Inlet manifold
Top hose clip
Exhaust manifold
Alternator
Starter motor – inertia type
Renewable filter for engine oil
Drive belt
Cooling fan
Sump plug
Bottom hose to radiator
Engine oil sump


6


Bottom hose
Alternator
Water-pump
sprocket (driven
by a toothed belt)
Passage for
coolant
Oil filter
Sump plug
Sump
Pre-engaged
starter motor



Oil-filler cap
The petrol pump feeds petrol to the carburettor
The distributor channels high-tension electricity to the sparkplugs to ignite the air/fuel mixture
The alternator produces electric current to charge the battery.
The starter motor rotates the crankshaft to start the engine
The belt-driven water pump circulates the coolant
The oil pump distributes lubricating oil under pressure



How the coolant circulates

A typical water-cooling system with an engine-driven fan: note the bypass hose taking off hot coolant for the heater. The pressure cap on the expansion tank has a spring-loaded valve which opens above a certain pressure.

محاضره ②

د/ عوض رشاد

AlAqsa is our goal

(13) - Pages

تبريد محركات الاحتراق الداخلي

$$Q_{add} = W_{net} + \sum_{1}^{8} losses$$

① مفاقيد الحراره النوعيه المتغيره ② مفاقيد التفكك

③ مفاقيد توقيت الشرر في البنزين أو توقيت الحقن في الديزل

④ مفاقيد الاحتراق غير التام ⑤ مفاقيد حراريه مباشره

⑥ مفاقيد نفخ غازات العادم ⑦ مفاقيد الضخ ⑧ مفاقيد الاحتكاك .

وهذه المفاقيد كلها تخرج في ثلاث صور كالآتي

① cooling losses

② surrounding losses

③ exhaust losses

مثال: 100 kw — قدره 25، تبريد 70، 5 يحترقوا

* ماذا يحدث لو كان نظام التبريد منخفض الجوده أي لا يستطيع طرد كل كمية الحراره التي يجب طردها؟

ترتفع درجة حرارة المحرك عن الحد المسموح به

* ماذا يحدث اذا ارتفعت درجة الحراره عن الحد المسموح به؟

① ارتفاع الضغط ودرجة الحراره للغازات داخل الاسطوانه

② تقلص الخلوص بين الاجزاء المتحركه

③ ينخفض لزوجة زيت التزييت

④ انخفاض كثافة الهواء الداخل للمحرك

وسندرس فيما يلي الاثار المترتبه على العوامل ①، ②، ③، ④ كما يلي.

① ارتفاع الضغط ودرجة الحراره يؤدى إلى

١- زيادة الاجهادات الحراريه والميكانيكيه

٢- زيادة احتمال حدوث صفع واشتعال مبكر

٣- زيادة انبعاث نواتج الاحتراق الضاره فى غازات العادم

② تقلص الخلوص يؤدى إلى

١- زيادة معدل التآكل بين الاجزاء

٢- زيادة الفقد فى الاحتكاك م يؤدى الى انخفاض الكفاءة الميكانيكيه

③ انخفاض اللزوجه يؤدى الى (T تزيد فاللزوجه تقل)

احتراق جزئى لطبقة الزيت وتكوين حبيبات كربون تؤدى لانسداد مجارى زيت التزييت

بزيادة (T) يزداد التفكك ويزداد نسبة (CO) الناتج من تحلل CO_2
وكذلك يتكون مركبات (NO_x)

ماذا يحدث لو كان نظام التبريد اقوى من اللازم أى يطرد كمية حراره اكبر من التى يجب طردها؟

انخفاض درجة حرارة المحرك عن الحد المسموح به

ماذا يحدث لو الماكينه بها تبريد عالى (ال Thermostat مش مضبوط)

① تكاثف بخار الماء الموجود فى غازات العادم

② انخفاض الطاقه الحراريه المتاحة للتحويل الى شغل

③ خفض سرعة جبهة اللهب

④ زيادة لزوجة زيت التزييت ⑤ زيادة عدد دورات فشل الاشتعال.

(ملحوظه) كل ما ضعف الخليط يزداد عدد دورات فشل الاشتعال

وسندرس هذه العناصر بالتفصيل كالآتى:-

① تكاثف بخار الماء يؤدى الى تكوين حامض الكبريتيك المخفف وبالتالى زيادة تآكل جدران الاسطوانة وسرعة تلف صمامات العادم وقواعدها

② يؤدى الى خفض القدره والكفاءه الحراريه وزيادة استهلاك الوقود

③ خفض سرعة جبهة اللهب تؤدى الى زيادة زمن الحريق وبالتالى انخفاض شغل الدوره

④ لما T تقل تزداد لزوجة الزيت مما يؤدى الى زيادة القدره المطلوبه لضخ الزيت وانخفاض الكفاءه الميكانيكيه وزيادة الفقد فى الاحتكاك وزيادة الضوضاء

⑤ زيادة عدد دورات فشل الاشتعال (علل) لماذا؟

بسبب انخفاض درجة الحراره مما يعنى انخفاض كمية الوقود المتبخرة وبالتالى زيادة نسبة الهواء للوقود لانه نسبة صغيره من البنزين تبخرت واشتعلت.

درجة حرارة اجزاء محرك ما فى وجود اجزاء التبريد

لاحظ درجات الحراره هذه خاصه بهذه الحالة فقط وظروف تشغيلها ولكن هذا هو الـ Range تباعها فقط يجب حفظه.

[درجات حرارة أجزاء محرك احتراق داخلى]

أكثر مناطق المحرك سخونه ولماذا؟

① صمام العادم حوالى 650° لانه بديهياً فهو ملاصق لغازات العادم الساخنه

② شمعة الاحتراق حوالى 600°C لانه من الصعوبة تبريدها بينما باقى الاجزاء يتم تبريدها

③ مجمع العادم حوالى 450°C لانه ملاصق للغازات

الحواف ملاصقة لرأس الاسطوانة

صوديوم

تبريد صمام العادم

في الكتاب شكل على اليمين يوضح الـ heat flow وشكل على اليسار يوضح توزيع درجة حرارة صمام العادم

550 600 650 750 700 650 600 550 750 808 750 700 650 550

توزيع درجات الحرارة على جسم صمام العادم

Heat Path From Combustion

ونلاحظ ان اسخن جزء يكون عند العنق و المنطقه التي اسفله درجة حرارتها اقل لان العادم يدخل عند فتح الصمام فيلف حولها و فوق العنق اقل ① لتعرضه للهواء

* ~~النصاقه الصام~~ لماذا تقل درجة حرارة الصمام ناحية حواف تاج الصمام وتزيد عند العنق ثم تنخفض كلما توجهنا لاعلى من خلال ساق الصمام ؟

لأن الحواف ملاصقه لرأس الاسطوانه والتي هي معرضه لمائع تبريد بالتالي تؤدى لتبريد هذه النقطه

stellite button

plug

Hollow stem

sodium

stellite [cobalt-chromium alloys]

صمام عادم يحتوى على مبرد صوديوم

* شكل (1-3) عباره عن صمام عادم يحتوى على تبريد بالصوديوم حيث لكى نبرد صمام العادم نعمل داخله تجويف كما بالشكل ونضع داخله صوديوم حيث أن الصوديوم يتميز بـ

melting point (درجة ذوبان) 98°C

Boiling point 883°C

ويتميز بأن له سعه حراريه كبيره (كمية الحرارة اللازمه لرفع درجة حرارته درجه واحده تكون كبيره) حيث الصوديوم يسخن ولكن معدن الصمام يبرد

تبريد المكبس

سواء كان المحرك تبريد ماء أو هواء فإنه لا يمكن لمائع التبريد ان يكون في تلامس مباشر مع المكبس لذلك يتم تبريد المكبس بشكل غير مباشر كالتالى

① انتقال الحراره من المكبس عبر الشنابر الى جدران الاسطوانه ومنه والى مائع التبريد

② رشه زيت التزييت على السطح السفلى للمكبس

③ نمر الثقابه الكبرى لذراع التوصيل فى الزيت الداخل لعمود الكرانك أثناء دوران المحرك

* شكل (٤-١) يوضح توزيع درجات الحرارة على جسم المكبس

لماذا تكون درجة حرارة المكبس (سواء في اتجاه القطر أو المحور) في اتجاه محور بنز التثبيت أعلى منه مثيلتها في اتجاه قطر البنز ؟

لأن الزيت الذي نرشه من تحته يكون منه السهل وصوله في الجانب الايسر من الرسمه بينما يصعب وصوله كان في الجانب الايمن (مهم)

[الأجناب موازيه للمحور بالتالي يمكن رشه الزيت عليها بينما يصعب ذلك في الاتجاه العمودي على المحور]

امتحان

المهم تعرف الاسباب

من جوه اسهل من الحافة

لذا النصف اعلى من الحافه في اتجاه الطول

البنز مقطعه مستطيل أعلى من بنز مقطعه دائره

(°C)
280
270
260
250
240
230
220
220 180 140
Temperature (°C)
160 200 220
Temperature (°C)
220
240

شكل 1- 4 توزيع درجات الحرارة على سطح المكبس
(لاحظ أن الجزء الأيمن من المكبس في الرسم هو مسقط جانبي للجزء الأيسر منه)

يتضح ان اعلى درجة حراره للمكبس تكون في منتصف السطح العلوي المواجه لغازات العادم وتقل كلما اتجهنا ناحية الحواف وتقل ايضاً كلما اتجهنا لاسفل المكبس

في بعض الحالات لا تكون اعلى درجة حراره في منتصف المكبس (بين هذه الحالات) ؟

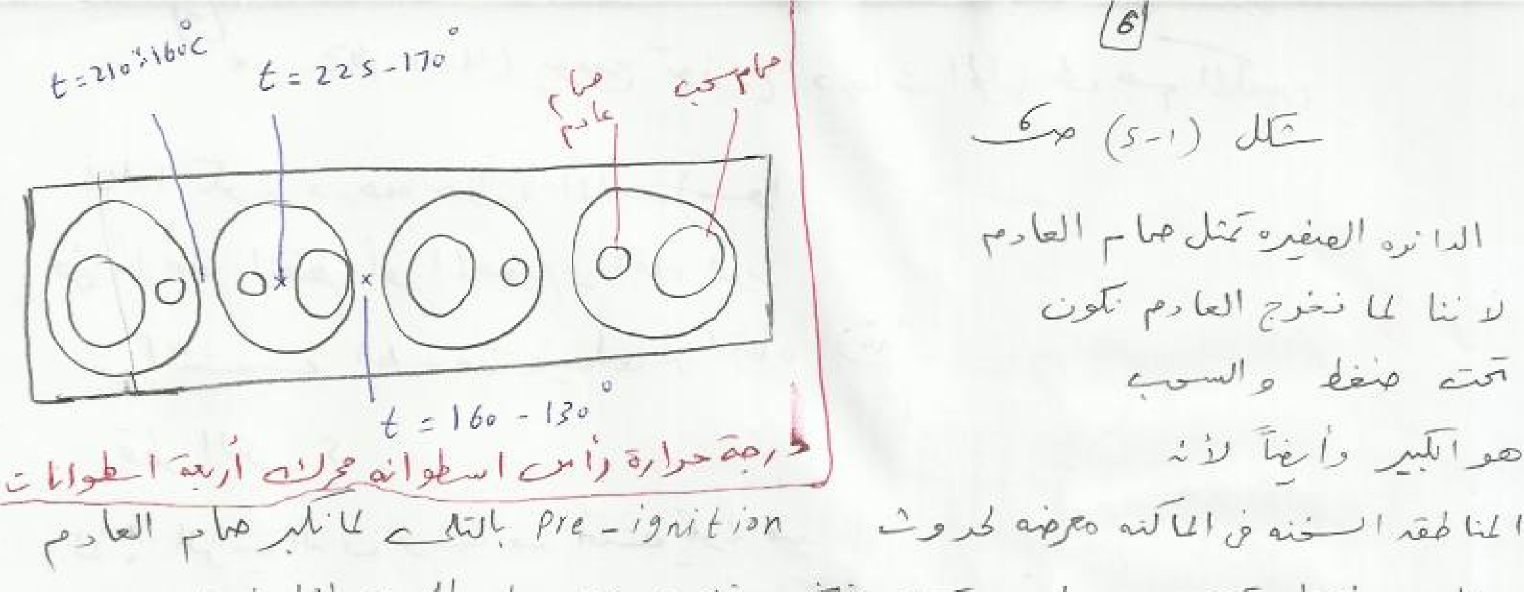
١- حالة محركات تبريد هواء لا يكون التبريد منتظم على سطح الاسطوانه بالتالي ينتقل موضع اعلى درجة حراره ناحية الجانب الاسخن للاسطوانه

٢- حالة محركات الاشعال بالشرر تبريد مياه ينتقل الموضع الى ناحية الشمعه في حالة ما اذا كانت الشمعه مرحله ناحية احد الاجناب

∴ تبعاً لموضع الشمعه وطالما اتكلمنا على الشمعه ∴ لازم يكون محركات بنزين.

صوره توضح السبب ①

المنطقه الخلفيه في بنزين أو ديزل ليس لها تبريد جيد بالتالي تنتقل اعلى نقطه ② في المكبس بالقرب منها ∴ مرحل عن المركز.



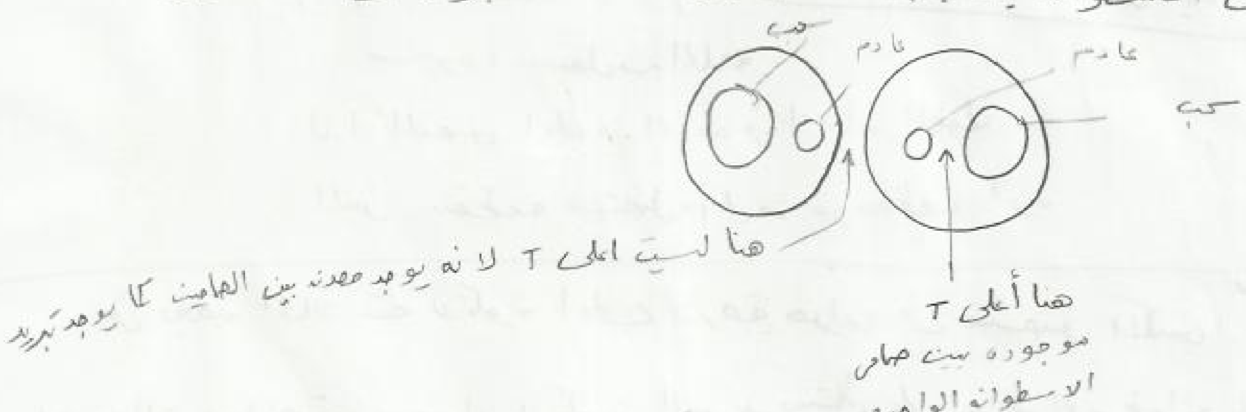
شكل (1-5) ص 6

الدائره الصغيره تمثل صمام العادم
لاننا لما نخرج العادم تكون
تحت ضغط والسحب
هو الكبير وأيضاً لأنه
المناطق الساخنه فى الماكنه معرضه لحدوث pre-ignition بالتالى لما نكبر صمام العادم
فان نقطه تقرب وواحده تبعد فتبعد عن مسار الجبهه لذا نصغره
على أد ما نقدر حتى نقلل مسار جبهة اللهب.

ولكى نحصل على اعلى كفاءه حجميه لابد نكبر صمام السحب

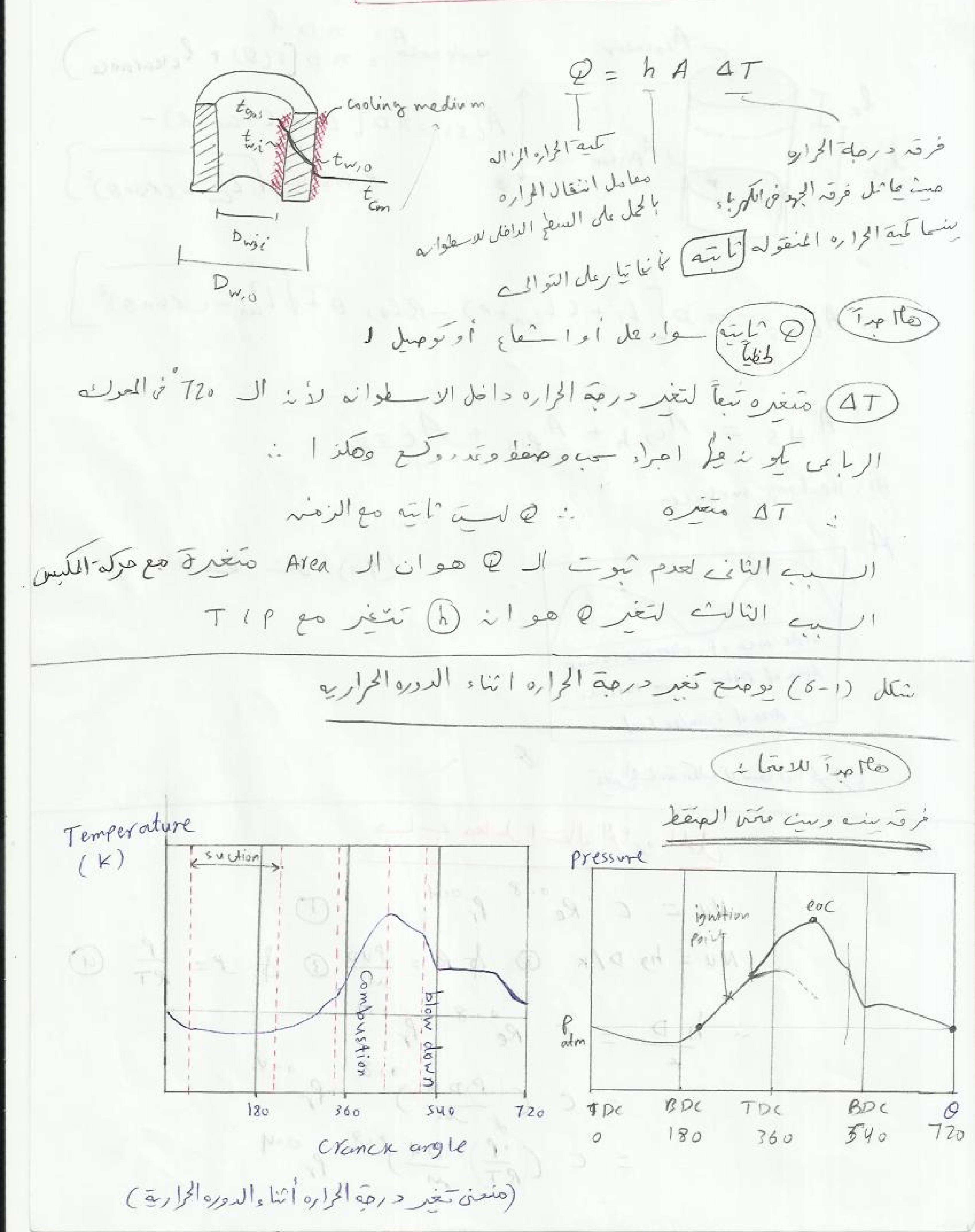
---

* المنطقه بين صمامى العادم والسحب لنفس الاسطوانه هى أكثر المناطق سخونه
فى رأس الاسطوانه بسبب انخفاض جودة عملية التبريد فى هذه المنطقه



لاحظ الارقام لا تحفظ ولكن يجب معرفة ال range بتاع كل منطقه

حساب كمية الحراره المزاله بالتبريد



$$Q = h\ A\ \Delta T$$

- Q: كمية الحراره المزاله
- h: معامل انتقال الحراره بالحمل على السطح الداخلي للاسطوانه
- ΔT: فرق درجة الحراره حيث يماثل فرق الجهد في الكهرباء

بينما كمية الحراره المنقوله **ثابته** كما في التيار على التوالي

(هام جداً)

Q (ثابته خطئاً) سواء حمل أو اشعاع أو توصيل ا

ΔT متغيره تبعاً لتغير درجة الحراره داخل الاسطوانه لأن الـ 720° في المحرك الرباعي يكون فيها اجراء سحب وضغط وتمدد وكبح وهكذا ∴

∴ ΔT متغيره ∴ Q ليست ثابته مع الزمن

السبب الثاني لعدم ثبوت الـ Q هو ان الـ Area متغيرة مع حركة المكبس

السبب الثالث لتغير Q هو ان h تتغير مع T I P

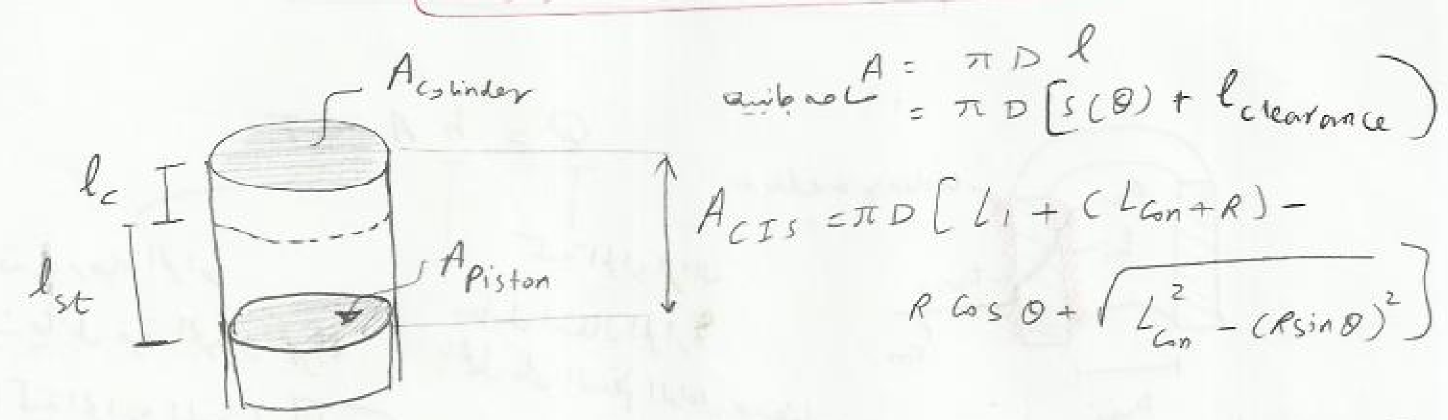
شكل (6-1) يوضح تغير درجة الحراره اثناء الدوره الحراريه

(هام جداً للامتحان)

فرق بينه وبين منحنى الضغط

(منحنى تغير درجة الحراره أثناء الدوره الحرارية)

مساحة سطح الانتقال الحراري



$$A = \pi D l$$

مساحة جانبية $= \pi D [s(\theta) + l_{clearance}]$

$$A_{CIS} = \pi D \left[L_1 + (L_{con} + R) - R\cos\theta + \sqrt{L_{con}^2 - (R\sin\theta)^2} \right]$$

$$\therefore A_{CIS} = \pi D \left[L_1 + (L_{con} + R) - R\cos\theta + \sqrt{L_{con}^2 - (R\sin\theta)^2} \right]$$

$$\therefore A_{HS} = A_{cy.h} + A_{pis} + A_{CIS}$$

Hs: Heating surface

لاحظ شكل (7-1)

A

side area of clearance volume

Area of piston crown surface

Area of cylinder head

θ

تغير المساحة الكلية لانتقال الحرارة

حساب معامل انتقال الحرارة بالحل

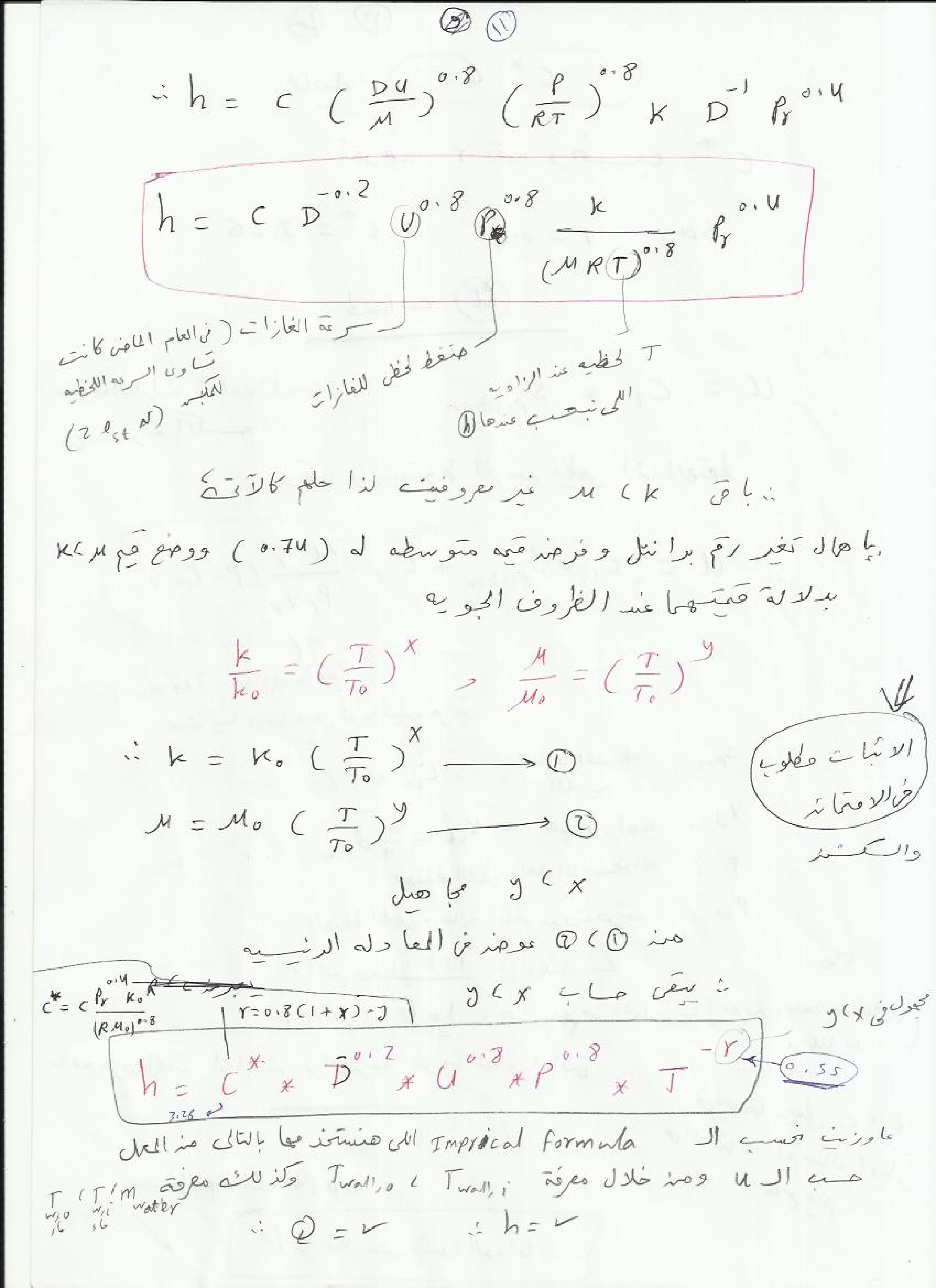
$$Nu = C \, Re^{0.8} \, Pr^{0.4} \quad (1)$$

$$Nu = h_g D/k \quad (2) \quad \& \quad Re = \frac{\rho u D}{\mu} \quad (3) \quad \& \quad \rho = \frac{P}{RT} \quad (4)$$

$$\therefore \frac{hD}{k} = C \, Re^{0.8} \, Pr^{0.4}$$

$$= C \left(\frac{\rho D u}{\mu} \right)^{0.8} Pr^{0.4}$$

$$= C \left(\frac{P}{RT} \frac{D u}{\mu} \right)^{0.8} Pr^{0.4}$$



(11)

$$\therefore h = C\left(\frac{DU}{\mu}\right)^{0.8}\left(\frac{P}{RT}\right)^{0.8} K\, D^{-1}\, P_r^{0.4}$$

$$h = C\, D^{-0.2}\, U^{0.8}\, P^{0.8}\, \frac{K}{(\mu R T)^{0.8}}\, P_r^{0.4}$$

- U: سرعة الغازات (في العام الماضي كانت تساوي السرعة اللحظية للكبسه) $(2\,l_{st}\,\mu)$
- P: ضغط لحظي للغازات
- T لحظيه عند الزاويه اللي نحسب عندها (h)

∴ باقي K، μ غير معروفين لذا حلهم كالآتي

بإهمال تغير رقم برانتل وفرض قيمه متوسطه له (0.74) ووضع قيم K، μ بدلالة قيمتهما عند الظروف الجويه

$$\frac{k}{k_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{x} \quad , \quad \frac{\mu}{\mu_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{y}$$

$$\therefore k = k_0\left(\frac{T}{T_0}\right)^{x} \longrightarrow (1)$$

$$\mu = \mu_0\left(\frac{T}{T_0}\right)^{y} \longrightarrow (2)$$

(الاثبات مطلوب في الامتحان) والشيت

x، y مجاهيل

من (1)، (2) عوض في المعادله الرئيسيه

∴ يبقي حساب x، y

$$C^* = C\,\frac{P_r^{0.4}\, k_0 \ldots}{(R\mu_0)^{0.8}} \qquad \gamma = 0.8(1+x) - y$$

$$h = C^* * D^{-0.2} * U^{0.8} * P^{0.8} * T^{-\gamma}$$

γ مجهول في x، y ← (0.55)

3.26

عاوزين نحسب الـ Imprical formula اللي هنستخدمها بالتالي من الحل

حسب الـ U ومن خلال معرفة $T_{wall,i}$ ، $T_{wall,o}$ وكذلك معرفة $T_{w/o}$ ، $T_{w/i}$ ، m_{water}

$\therefore Q = \checkmark \qquad \therefore h = \checkmark$

مجاهيل $c^* \;\; \& \;\; r$ ∴

نفرض r بقيمة ونحسب c^*

say $r = 0.55$ ∴ $c^* = 3.26$

لحساب (u)

سرعة الغازات تساوي ثابت في سرعة المكبس $u = c_1 * S_{piston}$

ولكن في شوط الحريق يظهر أثر الضغط

$$u = c_1 * S_{piston} + c_2 \frac{V_d T_r}{P_r V_r}(P - P_m)$$

Combustion Term
حيث يساوي صفر لو مافيش حريق

S_{pis} : السرعة المتوسطة للمكبس $= 2 L_{st} N / 60$

V_d : حجم الازاحة $= V_{st} = \frac{\pi}{4} D^2 l_{st}$

P : الضغط اللحظي داخل الاسطوانة

P_m : الضغط اللحظي في حالة عدم حدوث حريق

راجع ص 12 ، 13 في الكتاب هام

c_2 ، c_1 مجاهيل ونحسبهم من التجارب [معرفة range من الجداول في الكتاب]

راجع عرض الحصة المباشر والفرمباشر من العام الماضي

في الامتحان يعطى c_1 ، c_2 في الامتحانات أو يسأل اختار الصحيح منهم .

راجع ص 13 هام جداً

م/ قياس شوشرة الدوامات

V_r, P_r, T_r الحجم (m^3) والضغط (kPa) ودرجة الحرارة (K) في بداية اجراء الانضغاط

قيم C_1, C_2 في حالة اهمال الدوامات لغرف حقن مباشر لديزل او بنزين

	$C_1(-)$	C_2 (m/sK)
أثناء إجراء الشحن وإجراء طرد غازات العادم	6.18	0
أثناء إجراء الانضغاط	2.28	0
أثناء إجراء التمدد وإجراء الاحتراق		3.24×10^{-3}

أما في حالة أخذ الدوامات داخل اسطوانة المحرك في الاعتبار يتطلب ذلك قياس الدوامات داخل اسطوانة المحرك ويتم ذلك عن طريق استخدام الجهاز شكل (1-8) ومن قياس سرعة دوران الطارة (Paddle Wheel) وقطرها يمكن استنتاج معامل تصحيح للثابت C_1.

قيم C_1, C_2 في حالة عدم إهمال الدوامات لغرف حقن مباشر ← لا تمس C_2 في الجدول السابق

الاجراء	C_1
أثناء إجراء الشحن وإجراء طرد غازات العادم	$6.18 + v_s/S_{pis}$
لباقي إجراءات الدورة	$2.28 + v_s/S_{pis}$

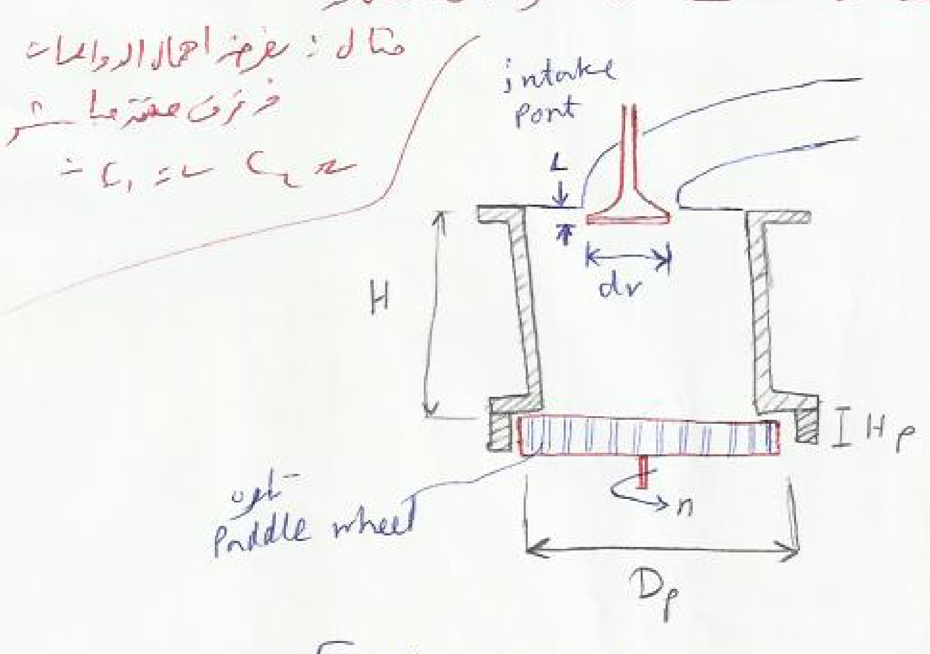
حيث v_s السرعة الخطية للطارة

$$v_s = \frac{D}{2}\omega_{paddle} = \frac{D}{2}x2\pi n_{paddle} = \pi D n_{paddle}$$

(لغرف الحقن المبدئية Prechamber تتغير فقط قيم C_2 إلى 6.22×10^{-3} m/s K .)

هذه الجداول تحفظ ولا تنسى كتابة الفروض في الامتحان

مثال: نفرض اهمال الدوامات غرف حقن مباشر = C_1 = ، C_2 =



جهاز قياس شدة الدوامات
Vane-type swirl meter test set-up

لكي نقيس سرعة الدوامات حيث تحتاج لكمبيوتر معقد لذا ابتكروا وسيلة بسيطة وهي استخدام طارة كما بالشكل حيث

~~$V_s = \pi D_p$ paddle~~

$$V_s = \pi D_p n_{paddle}$$

$S_{pis} = 2 l_{st} N$

محاضرة 3
د/ عوض رشاد
AlAqsA is our goal.
9 - Pages

نظم تبريد المحرك
Engine cooling system.

نتطرق في هذه المحاضرة الى النقاط التاليه

* الاسلوبين المستخدمين في التبريد بصفة عامه
* نظام تبريد محركات السيارات
* تبريد المحركات الثابته الصغيره في المعامل
* تبريد محركات ثابته باستخدام برج التبريد
* نظام تبريد المحركات البحريه
* انظمة التبريد بالهواء

وتفصيل هذه النقاط كما يلي

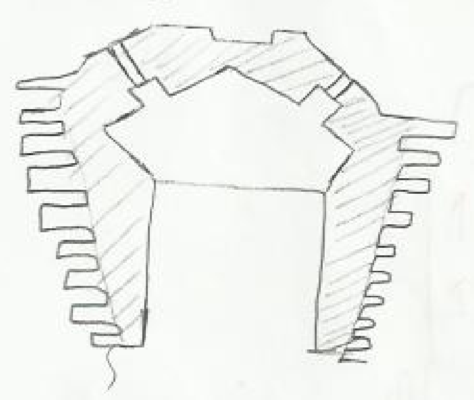
تنقسم طرق تبريد محرك الاحتراق الداخلي الى أسلوبين رئيسيين

محرك تبريد مياه

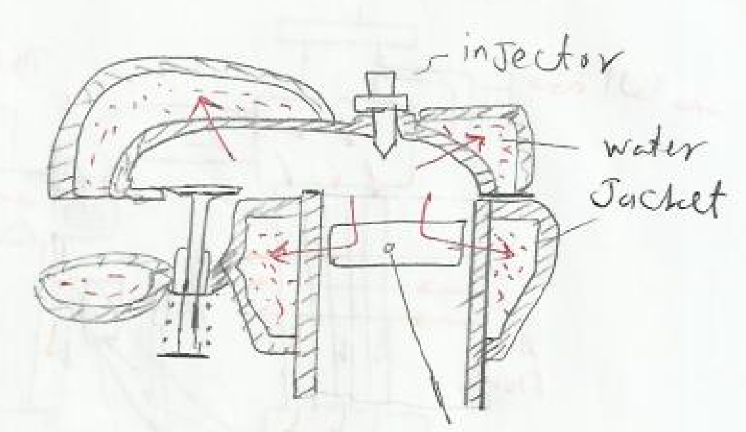
حيث كثافة المياه اعلى من كثافة الهواء

محرك تبريد هواء

* لابد يوجد عليه Fins
مثل processor الكمبيوتر



زعانف مقطعها يقل كل ما نزلنا لاسفل لانه درجة حرارة المحرك تقل كل ما نزلنا لاسفل.



مسار المياه خلال قميص التبريد في المحرك

[الاسهم تشير الى انتقال الحراره من المحرك لمياه التبريد]

لاحظ :

قد يكون تبريد الهواء naturally كما يحدث في حالة الموتوسيكل حيث انه يسير والهواء يدخل للزعانف تلقائياً بينما قد يكون من الصعب دخول الهواء للمحرك فيتم ادخاله جبرياً بواسطة مروحه (forced cooling)

fins

مروحه لسحب الهواء وادخاله جبرياً

* اى محرك يمكنه تبريده مياه او هواء والاختلاف مراعاة ذلك في التصميم .

* مميزات الماء كوسط تبريد ؟

* ارتفاع قيمة حرارته النوعيه

* ثابت كيميائياً ومتعادل

* متوافر ورخيص الثمن .

الانظمه المختلفه للتبريد بالمياه

- أولاً : نظام تبريد محركات السيارات
- ثانياً : المحركات الثابتة
- ثالثاً : المحركات البحريه

أولاً : نظام تبريد محركات السيارات :

Pressure cap

Thermostat valve

فتحة الفائض water Jacket

Air flow

مروحه لسحب الهواء

Water Pump

دورة التبريد بالماء لمحركات السيارات

تبريد محركات السيارات كما يظهر في الرسم السابق:

حيث يتم تبريد محرك السيارة بالماء وعندما يسخن الماء يتم تبريده في مبادل حراري (مشع) (رادياتير) حيث يبرد الماء داخل أنابيب عليها زعانف بواسطة الهواء الجوي وتستخدم مروحة توضع خلف الرادياتير لسحب الهواء الجوي المطلوب

* تدار المروحة بواسطة سير يأخذ حركته من عمود الكرانك وبالتالي كل ما زادت سرعة المحرك يزيد سرعة الطرمبة فتزداد فعالية التبريد

بينما في مركبات الجر الأمامي ما ينفعش نعمل المروحة على نفس الـ shaft

لذا نضطر الى إدارتها بماتور كهربي حيث نستخدم sensor هو الذي يعطي اشارة للماتور الكهربي لكي يعمل أو لا.

مكونات منظومة التبريد في مركبات السيارات:-

ترموستات - Sensor - electrical motor - فتحة الفائض over flow hose

Radiator cap (Pressure cap) غطاء الرادياتير - خزانة الفائض (الإربة)

١- المنظم الحراري [ترموستات]

وظيفته/ تنظيم درجة حرارة المياه في دورة التبريد حيث يبقى مغلقاً في بداية دوران المحرك طالما ان درجة حرارة الماء لم تتعدى حد معين بينما يسمح للمياه بالذهاب للطلمبة مباشرة مما يسمح لها بالوصول بصورة أسرع للمحرك والوصول لدرجة حرارة التشغيل بسرعة (المحرك يسخن بسرعة)

وعند ارتفاع درجة حرارة مياه التبريد لحد معين يفتح الترموستات الفتحة المؤدية للمبادل الحراري فتتدفق المياه الساخنة الخارجة من المحرك لتبريدها.

في الترموستات الحديث يمكنه عمل خلط بين الجزء من المياه الساخنة والمياه الباردة حتى يجعل المحرك يعمل عند حدود معينة لدرجات الحرارة في التشغيل المستقر. ***

↑ To radiator

Jiggle valve

(قرص صغير مانع تسرب)

Valve seal

Valve

spring

← water from engine

By pass valve

↓ water To engine

[المنظم الحرارى المستخدم فى تنظيم درجة حرارة مياه التبريد]

وظيفته/ يقفل ويفتح ممر المياه المتصل بالرادياتير ويقفل ويفتح ممر المياه

الراجع لل engine مرة ثانيه دون المرور على الرادياتير لو المحرك بارد.

سؤال هام) بين الاحتياطات التى اتخذها المصمم للثرموستات لضمان استمرار دورة

تبريد المحرك فى حالة تلفه؟ [لو الصمام علق وهو قافل فإن ت هتزيد

لحد ما المحرك ينهار فكيف نتجنب ذلك]

يتم عمل عدة فتحات وعليها شمع أحمر درجة انصهاره 120° بالتالى لو

الثرموستات علق على وضع الغلق فإن درجة حرارة مياه التبريد تصل لـ 120° وتنصهر

الشمع فيدخل هواء يفتح الثرموستات ويبقى مفتوحاً

ونعرف ان الثرموستات حدث به تلف عند ادارة المحرك صباحاً من على البارد

حيث سيأخذ فترة لكى يسخن حيث ان الثرموستات مفتوح والمحرك بارد فالمياه

البارده تمر على الرادياتير فيسخن المحرك ببطء.

سؤال هام] بين فائدة الصمام الهزاز Jiggle pin وأين يوجد؟

Jiggle pin هو صمام هزاز ويكون فى صمام المنظم (الـ Valve seal) حيث ان الصمام

الهزاز يكون مفتوح أثناء عدم دوران المحرك

ويغلق تدريجياً عند بداية تشغيله بسبب التدرج فى

ارتفاع الضغط [يعمل على طرد اى كمية هواء تكون قد تسربت

للمياه فى قميص التبريد] حيث ان وجود هواء فى مسار

المياه يعمل (تآكل) (تجويف) Cavitation

زيادة الضغط مع تشغيل المحرك

دراسة العنصر الثانى

2- المبادل الحرارى (الرادياتير) (المشع الحرارى)

over flow pipe
فتحة الفائض
غطاء الرادياتير
Radiator cap
Water level
Header drum
water from engine
tubes
Air flow
lower drum
water outlet to pump
Drain plug
water
Air

[رسم يوضح شكل الزعانف التى على الأنابيب]

[المبادل الحرارى لمحرك سيارة بتبريد مياه]

وظيفته تبريد المياه الخارجه من المحرك لإعادة استخدامها مرة أخرى

* غطاء الرادياتير (Radiator cap)

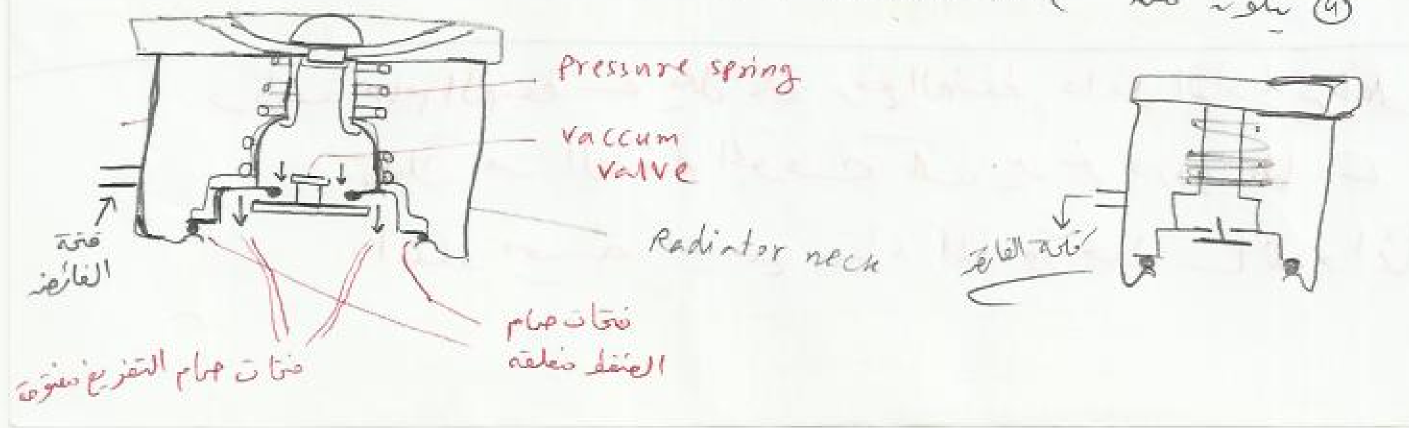
وظيفة الغطاء ① يمنع تبخر المياه.

[ماذا يحدث لو شغلنا المشع بدون غطاء؟] لو الغطاء مفتوح سيحدث تبخر سريع لكمية المياه

② يعمل على رفع الضغط داخل دورة التبريد بالتالى (درجة غليان الماء 100° عند الضغط الجوى) رفع درجة غليان الماء بالتالى زيادة كمية الحراره المزاله من المحرك لنفس معدل تدفق المياه

③ ازالة تفريغ الضغط داخل المنظومه بعد ايقاف المحرك حيث يبرد المحرك T↓ P↓

④ يتكون من Vaccum valve + Pressure valve



نلاحظ كل ما T تزيد يزداد P لان التانك مقفول بواسطة غطاء الراديا تير عند الحجم ثابت وبالتالى P تزداد فيتكثف الماء وحتى لا يزيد الضغط بصورة كبيرة نقوم بعمل صمام الضغط حيث عندما يصل الضغط لحد معين يسمح لجزء من الماء بالمرور عبر فتحة الفائض.

[يسمح لجزء من البخار بالمرور والبخار يتكثف فى تانك الفائض]

[المفروض لا نملأ خزان الفائض كاملاً]

ما يقصد وظيفة صمام الضغط؟ / (الى تحت خط)

ما وظيفة الـ vaccum valve ؟

بعد ايقاف المحرك يبرد الماء داخل الرادياتير T↓ وبالتالى يقل الضغط حتى الوصول الى حد التفريغ فيكون الضغط فوق الصمام ضغط جوى واسفل صمام التفريغ (ضغط تفريغ) فينجذب صمام التفريغ لأسفل مما يسمح بعودة جزء من المياه المطروده الى علبة الفائض، ويصل الضغط داخل الرادياتير ضغط جوى مره ثانيه.

باختصار ← وظيفة صمام التفريغ

يحافظ على الضغط داخل المشع عند الضغط الجوى بعد ما يبرد المحرك

وظيفة غطاء الرادياتير

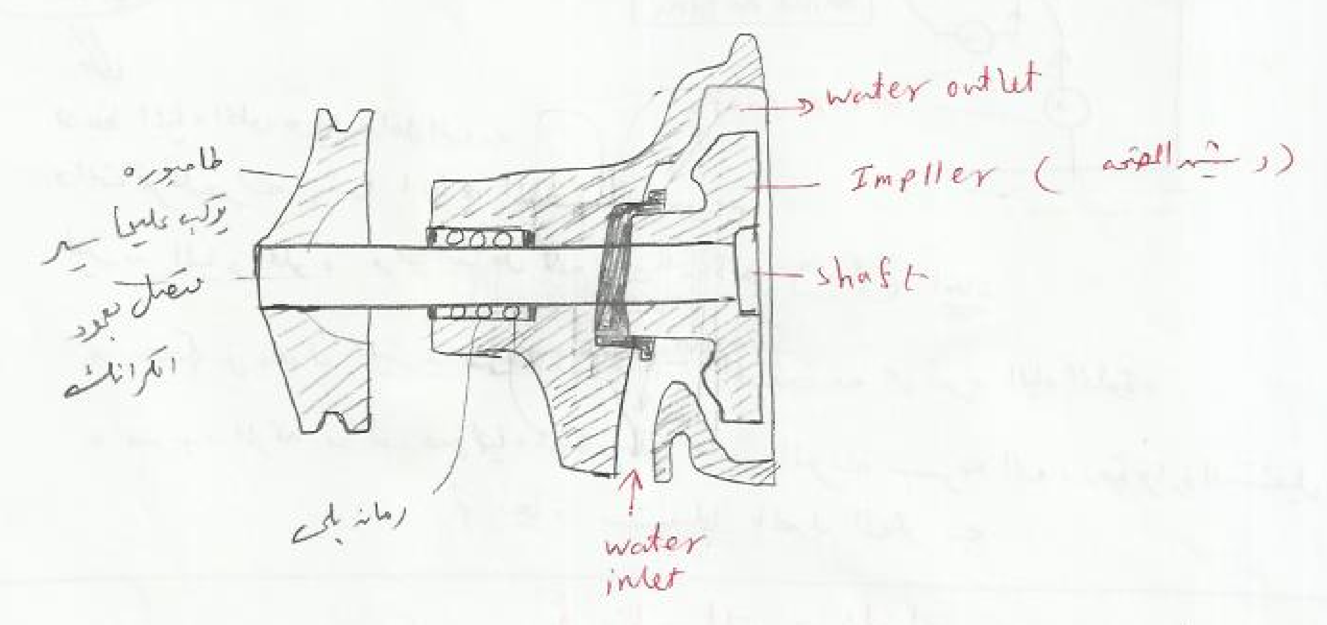
vaccum valve	pressure valve
يحافظ على الضغط داخل المشع عند الضغط الجوى بعد ما يبرد المحرك.	لا يزيد الضغط عن حد معين فإنه يخلى جزء من بخار الماء يتكثف فى خزانة الفائض

وظيفة صمام الضغط ← يعمل على رفع الضغط داخل الرادياتير أعلى قليلاً من الضغط الجوى لكى يرفع درجة غليان الماء بحيث يسمح ببقاء الماء فى حالة سائله دائماً.

(Centrifugal pump — مضخة طاردة مركزية)

مضخة المياه Water pump

هى المسئولة عن استمرار دورة المياه وتزداد سرعتها كل ما زادت سرعة المحرك لانها تأخذ حركتها من عمود الكرانك بواسطة سير تركب على طامبورة كما بالشكل التالى



$$HP \propto N_E \quad \text{and} \quad \dot{m}_{water} \propto N_P \quad \text{but} \quad \frac{N_P}{N_E} = R$$

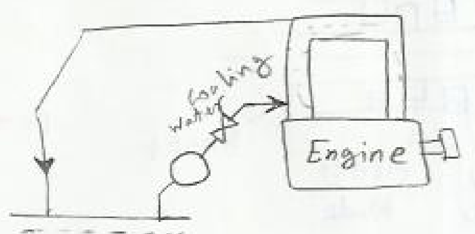
$$\therefore \dot{m}_{water} \propto R N_E \propto R\, HP$$

⟸ راجع الكتاب لمراجعة هذا الاثبات.

نظم تبريد المحركات الثابتة / للمحركات ذات القدرة الصغيرة مثل التحكم فى الحمل . باستخدام مضخة مياه

تنقسم هذه الطرق الى نوعين كالتالى

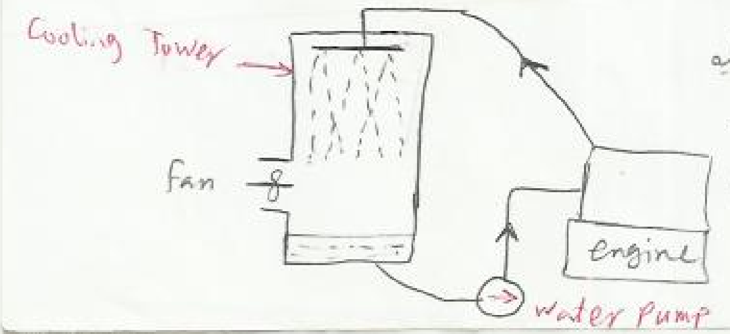
١- دورة التبريد المفتوحة للمحركات الثابتة ذات القدرات الصغيرة



* يتم سحب مياه باستمرار من مصدر مياه مثل صنبور مياه وصرف المياه الساخنة الى مصرف المياه وهكذا لا تحتاج لمبادل حرارى ولكن تستخدم صمام يدوى للتحكم فى التبريد.

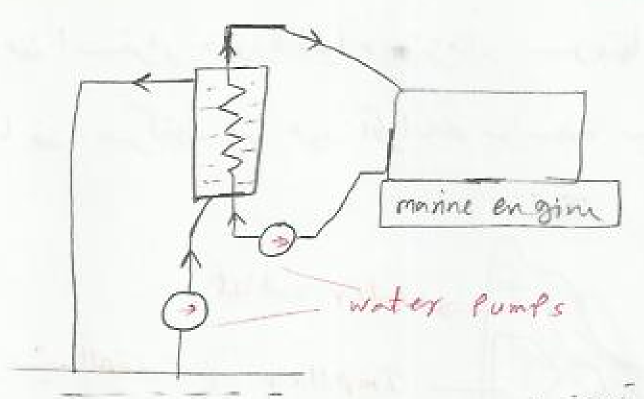
عيوبه ① المحرك يسخن ببطء عند بدء الادارة (يصل لدرجة حرارة التشغيل ببطء) ② تتعرض اسطوانات المحرك لاجهادات حرارية عالية نظراً لفارق الحرارة بين المدخل والمخرج

٢- باستخدام برج التبريد



* تستخدم هذه الطريقة فى تبريد المحركات الثابتة ذات القدرات العالية
* يتم ضخ المياه الخارجة من المحرك الساخنة الى برج التبريد حيث يتم تذريرها وتهبط لاسفل فيقابلها تيار هواء بارد من اسفل لاعلى فيعمل على سرعة تبريد هذه القطرات لتتكثف وتتجمع اسفل البرج ثم يعاد دخولها للماكينة مرة أخرى وهكذا.

نظام تبريد المحركات البحرية [دورة تبريد مغلقة]





لاحظ المياه الحلوه هى اللى داخل الدوره والتى تمر للمحرك بينما المياه المالحه تستخدم لتبريد المياه الحلوه ولا تدخل للمحرك ابداً ← (هام) امتحان

* نتحكم فى معدل التبريد من خلال كمية المياه المالحة المستخدمه فى تبريد المياه الحلوه.

* عند بدء الحركه نوقف ضخ المياه المالحه حتى يسخن المحرك بسرعه الى درجة حرارة التشغيل المطلوبه ثم يعاد تشغيلها بالمعدل المطلوب.

أنظمة التبريد بالهواء

* ال fins بين الحاجات دى مساحتها كبيرة
* ال fins مساحتها تقل كل ما اتجهنا نحو BDC
لان T تقل فى هذا الاتجاه

fins

(المحركات المبردة بالهواء)

وانتقال الحرارة فى تبريد الهواء يكون حمل طبيعى

أو حمل جبرى حيث نستخدم fan كالتالى

تستمد حركتها من عمود الكرانك بواسطه سيور.

air inlet
fixed blade
moving blade
shaft

$$Power = \frac{\dot{V}_a \, \Delta p}{\eta}$$

(m^3/sc, Pa, كفاءة)

مروحة دفع الهواء فى محركات تبريد الهواء (حمل جبرى) (forced).

أذكر...

اذكر مميزات وعيوب التبريد باستخدام الهواء؟

أولاً المميزات

١- بساطة في تصميمه وقلة أجزائه الميكانيكية حيث انه عباره عن fins فقط
٢- عدم وجود وصلات هيدروليكيه ينتج عنها تسرب لسائل التبريد
٣- سهولة بدء الادارة
٤- ارتفاع الكفاءة الحرارية للمحرك نظراً لانخفاض الفاقد في التبريد مقارنة بمحركات مبردة بالمياه حيث ان تبريد المياه Q cooling تكون كبيره ويأتي ذلك على حساب الطاقه المحوله الى شغل
٥- تكلفة انتاج المحرك اقل من نظيره المبرد بالمياه حيث تصنع الاسطوانه بزعانفها في خط انتاج منفصل سواء كان المحرك ٢ او ٤ او ٦ اسطوانه الخ بينما من المبرد بالماء نعمل جروف في الكتله الاسطوانيه بالتالى لو محرك ٤ اسطوانه لا عليه عمله ٦ اسطوانه بسبب لدوره التبريد. لان ال chemise كله كتله واحدة.

عيوب نظام التبريد باستخدام الهواء/

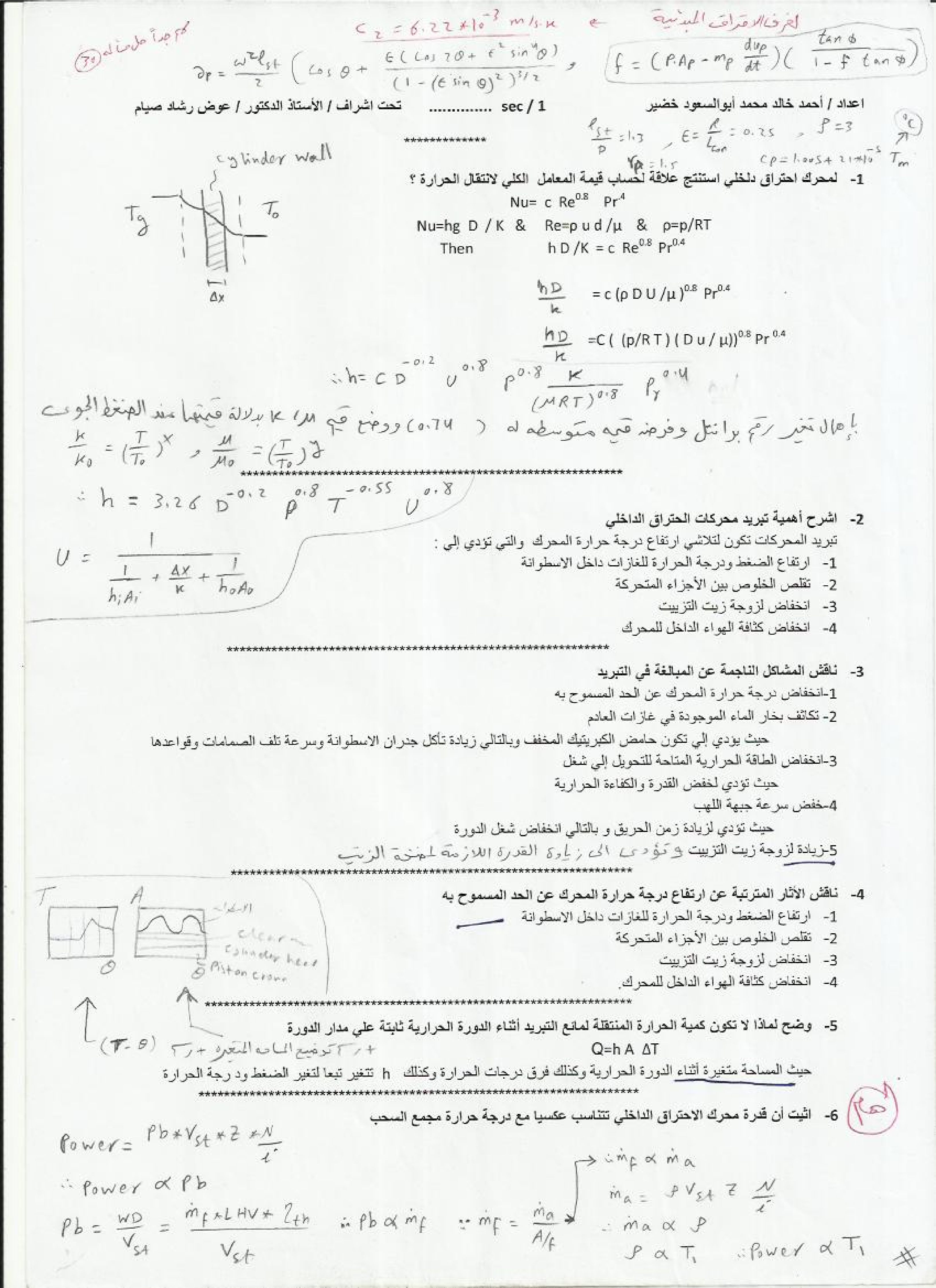
١- يعتمد على درجة حرارة الهواء الخارجي [كفاءة المحرك في المانيا افضل من مصر]
٢- ارتفاع صوت المحرك مقارنة بالمحرك المبرد مياه الذى يحيط بالاسطوانه ويعمل كعازل للصوت
٣- يحتاج الى زيوت تزييت خاصة تناسب ظروف التشغيل عند درجات حرارة أعلى من نظيرتها المبرده بالمياه كما يجب ان تكون الحراره النوعيه لهذه الزيوت مرتفعة نسبياً حتى تساعد على تبريد المحرك وخاصة الاجزاء التى لاتبرد بالهواء.

هام لماذا يحتاج لزيوت خاصة؟ لماذا يجب ان تكون حراره نوعيه مرتفعة؟

قد يأتي السؤال في الامتحان
اذكر مميزات وعيوب التبريد باستخدام المياه؟

الاجابه عكس ما سبق.

محركات تبريد الهواء لا تصلح لتبريد المحركات ذات الاقطار الكبيره نظراً لعدم انتظام درجة الحراره حول مقطع الاسطوانة (X) لان شركة دويتس تنتج محركات كبيره تبريد هواء.
حيث لحل وصو عمل عوالكس،



$C_2 = 6.22\times10^{-3}$ m/s.K ← الغرف الاقترافية البنشية

(30) كم جدا على ملا

$$\partial p = \frac{\omega^2 l_{st}}{2}\left(\cos\theta + \frac{\epsilon(\cos 2\theta + \epsilon^2 \sin^4\theta)}{(1-(\epsilon \sin\theta)^2)^{3/2}}\right), \quad f = \left(P A_p - m_p \frac{dv_p}{dt}\right)\left(\frac{\tan\phi}{1 - f\tan\phi}\right)$$

اعداد / أحمد خالد محمد أبوالسعود خضير sec / 1 .... تحت اشراف / الأستاذ الدكتور / عوض رشاد صيام

$\frac{l_{st}}{D} = 1.3$, $\epsilon = \frac{R}{L_{con}} = 0.25$, $\rho = 3$, $V_p = 1.5$, $C_p = 1.0054 + 21\times10^{-5}\, T_m$ (°C)

****

cylinder wall

T_g T_o Δx

1- لمحرك احتراق دلخلي استنتج علاقة لحساب قيمة المعامل الكلي لانتقال الحرارة ؟

$$Nu = c\ Re^{0.8}\ Pr^{.4}$$

$Nu = hg\ D / K$ & $Re = \rho u d / \mu$ & $\rho = p/RT$

Then $h D / K = c\ Re^{0.8}\ Pr^{0.4}$

$$\frac{hD}{k} = c(\rho D U/\mu)^{0.8}\ Pr^{0.4}$$

$$\frac{hD}{k} = C((p/RT)(D u/\mu))^{0.8}\ Pr^{0.4}$$

$$\therefore h = C D^{-0.2}\ U^{0.8}\ P^{0.8}\ \frac{K}{(MRT)^{0.8}}\ P_r^{0.4}$$

بإهمال تغير رقم برانتل وفرض قيمة متوسطة له (0.74) ووضع قيم μ, K بدلالة قيمتها عند الضغط الجوى

$$\frac{k}{k_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^x, \quad \frac{\mu}{\mu_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^y$$

****

$$\therefore h = 3.26\ D^{-0.2}\ P^{0.8}\ T^{-0.55}\ U^{0.8}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_o A_o}}$$

2- اشرح أهمية تبريد محركات الحتراق الداخلي

تبريد المحركات تكون لتلاشي ارتفاع درجة حرارة المحرك والتي تؤدي إلي :

1- ارتفاع الضغط ودرجة الحرارة للغازات داخل الاسطوانة
2- تقلص الخلوص بين الأجزاء المتحركة
3- انخفاض لزوجة زيت التزييت
4- انخفاض كثافة الهواء الداخل للمحرك

****

3- ناقش المشاكل الناجمة عن المبالغة في التبريد

1-انخفاض درجة حرارة المحرك عن الحد المسموح به

2- تكاثف بخار الماء الموجودة في غازات العادم

حيث يؤدي إلي تكون حامض الكبريتيك المخفف وبالتالي زيادة تأكل جدران الاسطوانة وسرعة تلف الصمامات وقواعدها

3-انخفاض الطاقة الحرارية المتاحة للتحويل إلي شغل

حيث تؤدي لخفض القدرة والكفاءة الحرارية

4-خفض سرعة جبهة اللهب

حيث تؤدي لزيادة زمن الحريق و بالتالي انخفاض شغل الدورة

5-زيادة لزوجة زيت التزييت وتؤدى الى زيادة القدرة اللازمة لضخة الزيت

****

4- ناقش الأثار المترتبة عن ارتفاع درجة حرارة المحرك عن الحد المسموح به

1- ارتفاع الضغط ودرجة الحرارة للغازات داخل الاسطوانة
2- تقلص الخلوص بين الأجزاء المتحركة
3- انخفاض لزوجة زيت التزييت
4- انخفاض كثافة الهواء الداخل للمحرك.

T A θ θ clear cylinder head Piston crown

****

5- وضح لماذا لا تكون كمية الحرارة المنتقلة لمانع التبريد أثناء الدورة الحرارية ثابتة علي مدار الدورة

(T-θ) ر١ توضيح المساحة المتغيرة + ر٢

$$Q = h\ A\ \Delta T$$

حيث المساحة متغيرة أثناء الدورة الحرارية وكذلك فرق درجات الحرارة وكذلك h تتغير تبعا لتغير الضغط ود رجة الحرارة

****

6- اثيت أن قدرة محرك الاحتراق الداخلي تتناسب عكسيا مع درجة حرارة مجمع السحب

$$Power = \frac{P_b * V_{st} * Z * N}{i}$$

$\therefore Power \propto P_b$

$$P_b = \frac{WD}{V_{st}} = \frac{\dot m_f * LHV * \eta_{th}}{V_{st}} \quad \therefore P_b \propto \dot m_f \quad \because \dot m_f = \frac{\dot m_a}{A/f}$$

$\therefore \dot m_f \propto \dot m_a$

$\dot m_a = \rho V_{st} Z \frac{N}{i}$

$\therefore \dot m_a \propto \rho$

$\rho \propto T_1$ $\therefore Power \propto T_1$

#

7- حدد مع ذكر السبب المناطق الأكثر سخونة في محرك إشعال بالشرر

1- صمام العادم لأنه بديهيا ملاصق لغازات العادم
2- شمعة الاحتراق لأنه من الصعوبة تبريده
3- مجمع العادم لأنه يلامس غازات العادم بعد مرورها علي صمام العادم

****

8- حدد مع ذكر السبب أعلي مناطق صمام العادم درجة حرارة

أسخن منطقة تكون عند العنق لأن عند فتح صمام العادم تحيط غازات العادم بعنق الصمام فتعمل علي رفع درجة حرارته

****

9- لماذا حواف صمام العادم ذات درجة حرارة منخفضة نسبيا بالنسبة لبلقي أجزاء الصمام ؟

لأن الحواف ملاصقة لرأس الاسطوانة والتي هي معرضة لمائع التبريد أصلا فتؤدي لتبريد هذه النقطة

****

10- اشرح كيف ولماذا يستخدم معدن الصوديوم في تحسين كفاءة تبريد صمام العادم ؟

الكيفية تتضح من الرسم المقابل

لماذا \\\\هذا لأن الصوديوم يتميز بأن سعته الحرارية كبيرة

Hollow stem

Sodium

صمام عادم يحتوي على عنصر صوديوم

****

11- وضح كيف يتم تبريد مكبس المحرك

سواء كان المحرك تبريد ماء أو هواء فإنه لا يمكن لمائع التبريد أن يكون في تلامس مباشر مع المكبس لذلك يتم تبريد المكبس بشكل غير مباشر كالتالي

1- انتقال الحراره من المكبس عبرالشنابر إلي جدران الاسطوانة من و إلي مائع التبريد
2- رش زيت التزييت علي السطح السفلي للمكبس
3- عبر النهاية الكبري لذراع التوصيل في الزيت الداخل لعمود الكرانك أثناء دوران المحرك

****

12- بين مع الرسم أكثر مناطق رأس اسطولنة المحرك حرارة

صمام عادم

صمام سحب

أعلى درجة حرارة بسبب صعوبة تبريد هذه المنطقة

****

13- وضح مع الرسم كيف تتغير درجة الحرارة أثناء الدورة الحرارية لمحرك احتراق داخلي

Temperature

Cranck angle

180 360 540 720

****

14- بين مع الرسم كيف تختار سمك جدار اسطوانة محرك احتراق داخلي

يتم اختيار سمك الجدار بحيث يحقق أقل محصله للاجهادات الحراريه والميكانيكيه كما يتضح بالرسم.

Tensile stress

Total stress

mechanical stress

Thermal stress

4 6 8 10 12

0 Cylinder thickness (mm)

15- لماذا يعتبر الماء مائع تشغيل مثالي لتبريد المحركات ؟

1- ارتفاع قيمة حرارته النوعيه
2- ثابت كيميائيا و متعادل
3- متوافر ورخيص الثمن

****

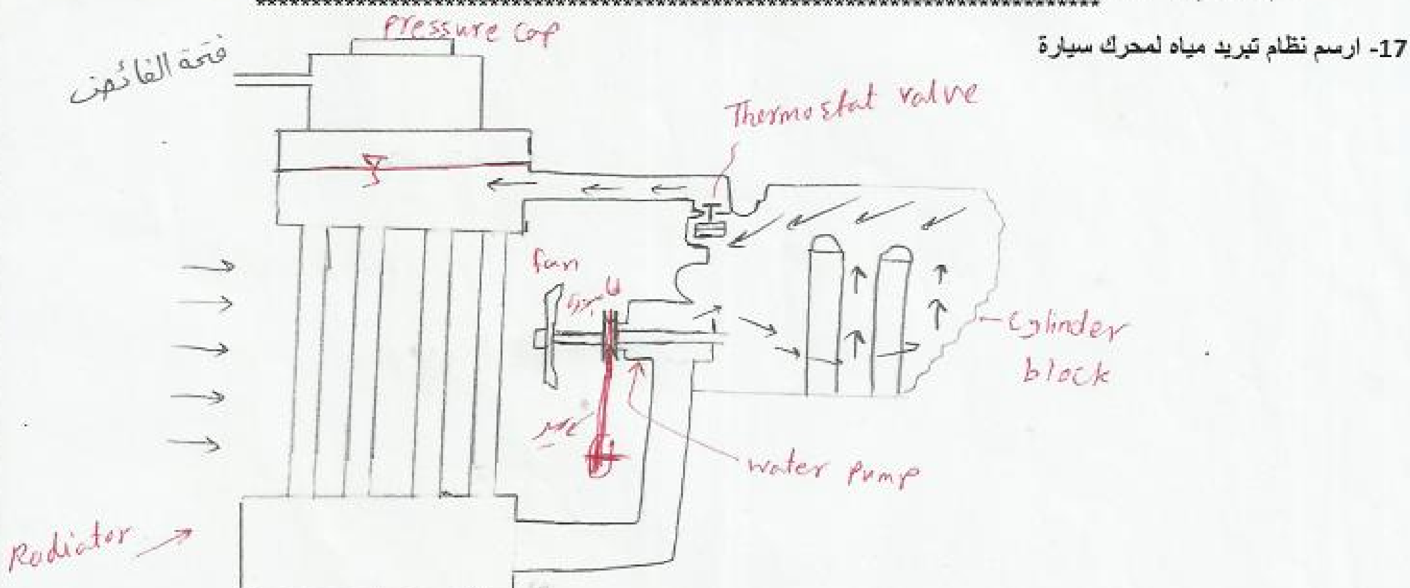
16- قارن بين استخدام الهواء والماء في تبريد محركات الاحتراق الداخلي

محركات تبريد مياه	محركات تبريد هواء
يوجد أجزاء ميكانيكية كثيرة	بساطة في التصميم حيث تحتاج إلى زعانف فقط
صعوبة بدء الإدارة	سهولة بدء الإدارة
انخفاض الكفاءة الحرارية	ارتفاع الكفاءة الحرارة
يوجد وصلات هيدروليكية وقد يحدث تسريب	عدم وجود وصلات هيدروليكية
أقل ضوضائية	ضوضاء عالية

لابد تكتب الاسباب لكل عنصر في هذا الجدول حتى تصبح الاجابة كاملة.

****

17- ارسم نظام تبريد مياه لمحرك سيارة



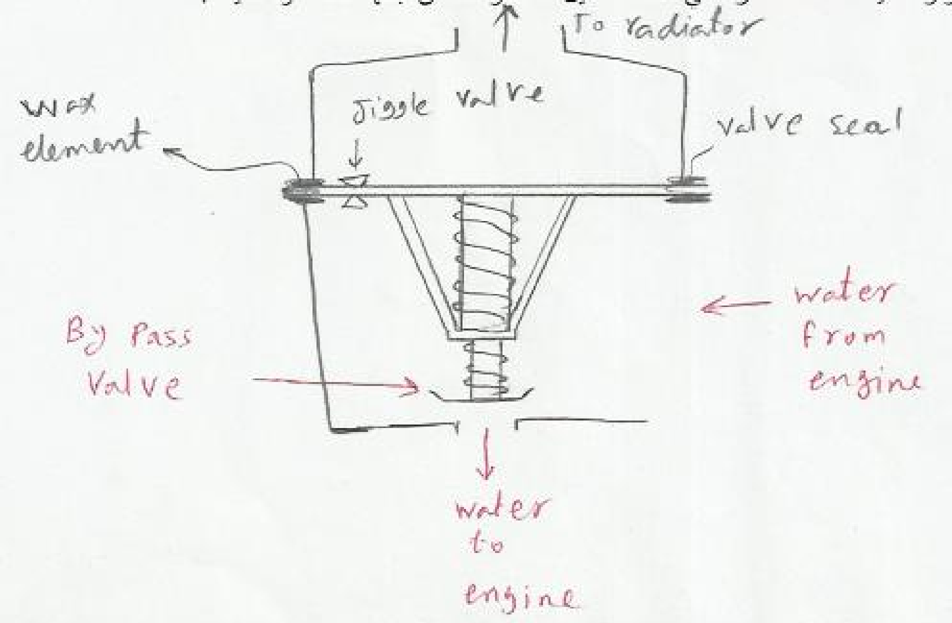
****

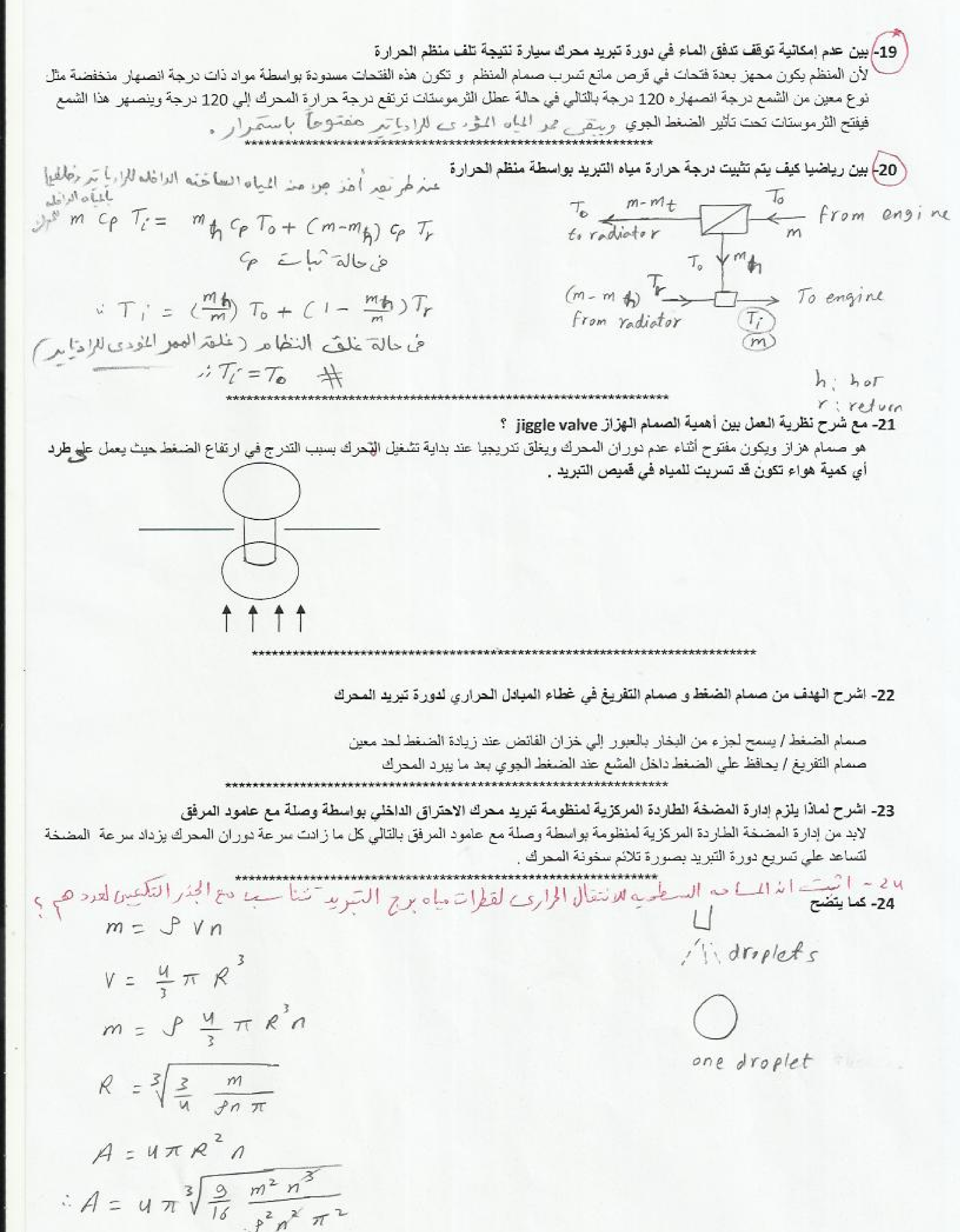
18- ارسم منظم درجة حرارة ماء تبريد المحرك ثم اشرح نظرية العمل

نظرية العمل : ينظم درجة حرارة المياه في دورة التبريد فعند بدء دوران المحرك يغلق المنظم فتحة انسياب المياه إلي المبادل الحراري بالتالي تتدفق كمية المياه إلي المضخة مباشرة بدون إجراء أي تبريد لها حتي تساعد في سرعة تسخين المحرك إلي درجة حرارة التشغيل المطلوبة بينما عندما ترتفع درجة حرارة مياه التبريد إلي حد معين يسمح المنظم لتبريد المياه عبر الرادياتير

كذلك يتحكم المنظم الحراري في درجة حرارة المياه الداخلة للمحرك في حالة التشغيل المستقر لضمان ثباتها عند حدود معينة .

الرسم كما بالشكل





19- بين عدم إمكانية توقف تدفق الماء في دورة تبريد محرك سيارة نتيجة تلف منظم الحرارة

لأن المنظم يكون محهز بعدة فتحات في قرص مانع تسرب صمام المنظم و تكون هذه الفتحات مسدودة بواسطة مواد ذات درجة انصهار منخفضة مثل نوع معين من الشمع درجة انصهاره 120 درجة بالتالي في حالة عطل الترموستات ترتفع درجة حرارة المحرك إلي 120 درجة وينصهر هذا الشمع فيفتح الترموستات تحت تأثير الضغط الجوي ويبقى ممر المياه المؤدي للراداتير مفتوحاً باستمرار .

****

20- بين رياضيا كيف يتم تثبيت درجة حرارة مياه التبريد بواسطة منظم الحرارة

عند طرد يتم أخذ جزء من المياه الساخنة الداخلة للراداتير وخلطها بالمياه الداخلة للمحرك

$$m\, c_p\, T_i = m_h\, c_p\, T_o + (m - m_h)\, c_p\, T_r$$

c_p في حالة ثبات

$$\therefore T_i = \left(\frac{m_h}{m}\right) T_o + \left(1 - \frac{m_h}{m}\right) T_r$$

في حالة غلق النظام (غلق الممر المؤدي للراداتير)

$$\therefore T_i = T_o \quad \#$$

****

21- مع شرح نظرية العمل بين أهمية الصمام الهزاز jiggle valve ؟

هو صمام هزاز ويكون مفتوح أثناء عدم دوران المحرك ويغلق تدريجيا عند بداية تشغيل المحرك بسبب التدرج في ارتفاع الضغط حيث يعمل على طرد أي كمية هواء تكون قد تسربت للمياه في قميص التبريد .

****

22- اشرح الهدف من صمام الضغط و صمام التفريغ في غطاء المبادل الحراري لدورة تبريد المحرك

صمام الضغط / يسمح لجزء من البخار بالعبور إلي خزان الفائض عند زيادة الضغط لحد معين

صمام التفريغ / يحافظ علي الضغط داخل المشع عند الضغط الجوي بعد ما يبرد المحرك

****

23- اشرح لماذا يلزم إدارة المضخة الطاردة المركزية لمنظومة تبريد محرك الاحتراق الداخلي بواسطة وصلة مع عامود المرفق

لابد من إدارة المضخة الطاردة المركزية لمنظومة بواسطة وصلة مع عامود المرفق بالتالي كل ما زادت سرعة دوران المحرك يزداد سرعة المضخة لتساعد علي تسريع دورة التبريد بصورة تلائم سخونة المحرك .

****

24- اثبت ان المساحة السطحية للانتقال الحراري لقطرات مياه برج التبريد تتناسب مع الجذر التكعيبي لعددهم ؟

24- كما يتضح

$$m = \rho V n$$

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$m = \rho \frac{4}{3}\pi R^3 n$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3}{4}\frac{m}{\rho n \pi}}$$

$$A = 4\pi R^2 n$$

$$\therefore A = 4\pi \sqrt[3]{\frac{9}{16}\frac{m^2 n^3}{\rho^2 n^2 \pi^2}}$$

$$\therefore A = \left(\frac{1}{2}\right)\sqrt[3]{n * const}$$

مع بفرض تجزئ القطرات

محاضره (٦)
د/ عوض رشاد
AlAqsA is our goal.
9 Pages

الاحتكاك والتزييت
Friction and lubrication

* يهتم هذا الباب بدراسة اسباب وجود الاحتكاك ومناطق حدوثه وكذلك العوامل التي تؤثر عليه وطرق قياسه معملياً مع دراسة نظريه مختصرة لكيفية تحسين قيم هذا الاحتكاك للمناطق المختلفة من المحرك بالاضافة الى دراسة نظم التزييت المتبعه لمحركات الاحتراق الداخلي وأجزائها.

أسباب وجود الاحتكاك :-

١- وجود سطح تماس مشترك بين الاجزاء المتحركه
٢- خشونة الاسطح
٣- وجود سرعه نسبية
٤- وجود قوى عمودية

(شكل ميكروسكوبي للنتوءات بين اطار سيارة و الأرض.)
(شكل يوضح اسباب حدوث الاحتكاك)

* ملحوظه:
يمكن تقليل الاحتكاك ولا يمكن منعه

* المناطق المعرضه لحدوث احتكاك
* مجموعة المكبس [مكبس + ذراع توصيل + البنز + الشنابر مع الاسطوانة]
* مجموعة الأعمدة الموجودة بالمحرك والوحدات الملحقة به واللازمه لتشغيل مثل عامود المرفق وعامود الكامات و اعمدة ادارة مضخة المياه ومضخة الزيت والمولد الكهربي وبادئ الحركة.
* تركيبة كل من صمامات دخول الشحنه وخروج غازات العادم

* كيف يتم تخفيض قيمة مفاقيد الاحتكاك؟

١- يتم فصل الاسطح المتماسة عن بعضها بواسطة دفع مائع له لزوجه مناسبه الى الخلوص بين الاسطح المتحركة وله قدره ايضاً على الالتصاق بالاسطح المعدنية مثل زيت التزييت

٢- يعمل الزيت كوساده لامتصاص القوى العمودية ولإبعاد التداخل الناشئ من وجود النتوءات الميكروسكوبية أو بمعنى أخر تحويل الاحتكاك بين الاسطح المعدنية الى احتكاك بين طبقات الزيت

lubrication التزييت

* دورة الزيت تتكون من sump كارتير + مصفاه + فلتر + مضخه ترسيه + gallery محفوره في جسم الاسطوانه

وتستخدم لتزييت عمود الكرانك وعمود الكامات والصمامات

* مضخه ترسيه ← معدل تصرف صغير بضغط عالي

* المفروض كل عدد معين من الكيلومترات نغير الزيت الذي في الدورة ولكن اذا حدث ولم نغيره فإن الفلتر هيسد وبالتالي الماكينه ستدمر ولكن لتلاشي هذا العيب تم عمل by Pass (safety valve) بحيث يسمح باستمرار عمل دورة الزيت ولكن الزيت سيكون غير مصفى (بهرايشه).

الى الاسطوانات

الى عمود الكامات

sump

مضخه ترسيه

ورقة للتنقيه

(فلتر الزيت)

* أنواع التزييت

١- تزييت شبه جاف Boundary lubrication (المنطقه الاولى في منحنى ستريبك)

هو وجود احتكاك بين سطحين متماسين بالرغم من وجود طبقة زيت بينهما نظراً لضآلة كمية الزيت في بداية الدوران (أعلى معامل احتكاك)

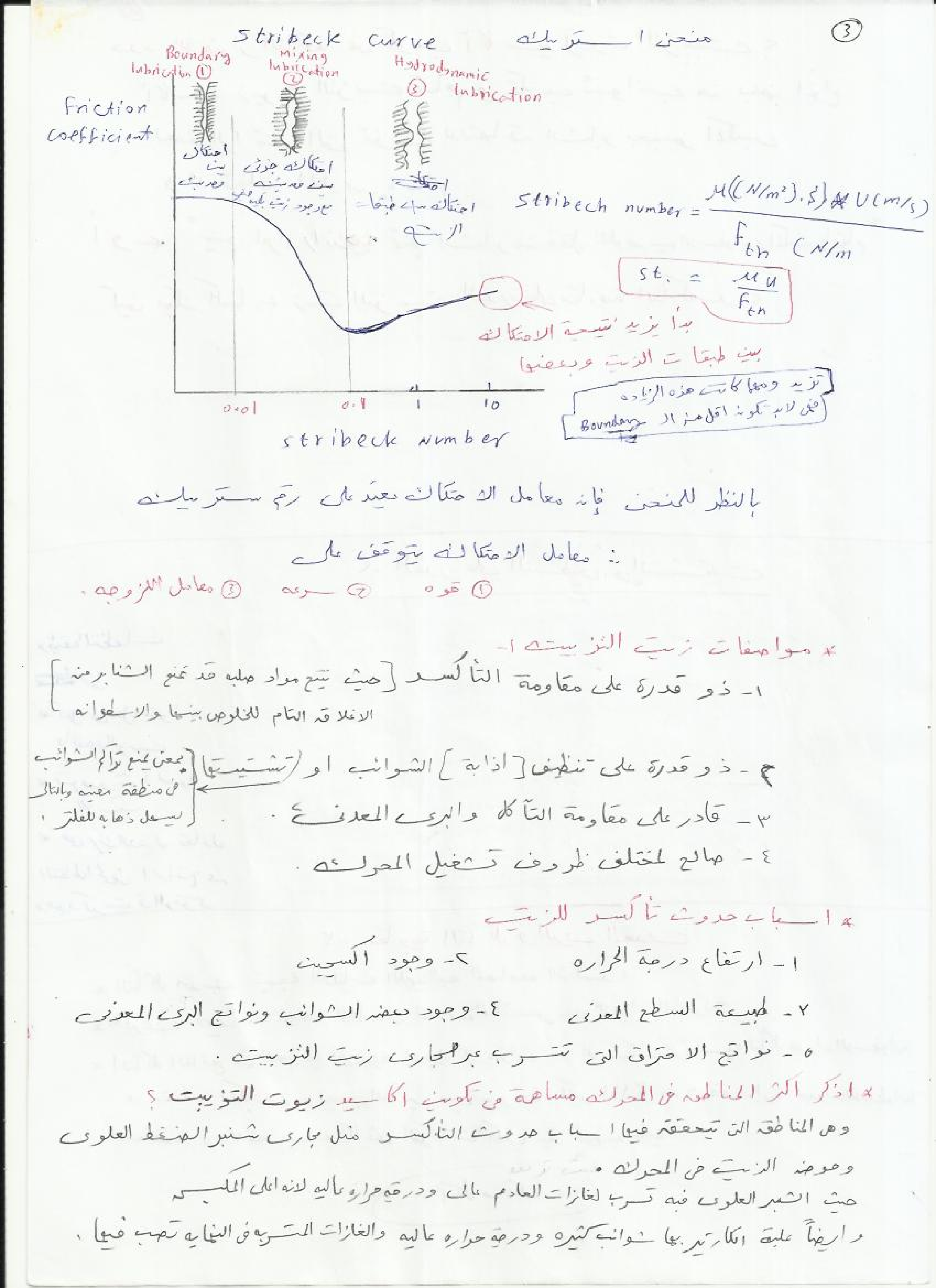
٢- التزييت المختلط mixing lubrication (المنطقه الثانيه في منحنى ستريبك)

هو وجود احتكاك بين سطحين متلامسين جزئياً بالرغم من وجود طبقة زيت بينهما وذلك لأن كمية الزيت لا تكفي لفصلهم تماماً.

٣- التزييت الهيدروديناميكي Hydrodynamic lubrication (المنطقه الثالثه من ستريبك)

هو الاحتكاك بين طبقة الزيت الموجوده بين سطحين يفصل بينهما تماماً كمية من الزيت وهذا النوع هو أفضل الأنواع لأن الاحتكاك بين طبقات الزيت

Stribeck curve منحنى استريبك



$$\text{Stribeck number} = \frac{\mu\,((N/m^2).s) * U\,(m/s)}{F_{th}\,(N/m)}$$

$$St. = \frac{\mu U}{F_{th}}$$

بالنظر للمنحنى فإن معامل الاحتكاك يعتمد على رقم ستريبك

∴ معامل الاحتكاك يتوقف على :

(1) قوة (2) سرعة (3) معامل اللزوجة.

* مواصفات زيت التزييت :-

1- ذو قدرة على مقاومة التأكسد [حيث ينتج مواد صلبة قد تمنع الشنابر من الانغلاق التام للخلوص بينها والاسطوانة]

2- ذو قدرة على تنظيف [اذابة] الشوائب او (تشتيتها) ← [يعني يمنع تراكم الشوائب في منطقة معينة وبالتالي يسهل ذهابه للفلتر.]

3- قادر على مقاومة التآكل والبرى المعدني.

4- صالح لمختلف ظروف تشغيل المحرك.

* اسباب حدوث تأكسد الزيت

1- ارتفاع درجة الحرارة   2- وجود الاكسجين

3- طبيعة السطح المعدني   4- وجود بعض الشوائب ونواتج البرى المعدني

5- نواتج الاحتراق التي تتسرب عبر مجاري زيت التزييت.

* اذكر اكثر المناطق في المحرك مساهمة في تكوين اكاسيد زيوت التزييت؟

وهي المناطق التي تتحقق فيها اسباب حدوث التأكسد مثل مجاري شنبر الضغط العلوي وحوض الزيت في المحرك.

حيث الشنبر العلوي فيه تسرب لغازات العادم عالي ودرجة حرارة عالية لانه اعلى المكبس

وايضاً علبة الكارتير بها شوائب كثيرة ودرجة حرارة عاليه والغازات المتسربة في النهاية تصب فيها.

حدد الأضرار الناتجة عن تكوين أكاسيد زيوت التزييت ؟

أكاسيد زيوت التزييت تساهم في تكوين شوائب من بعض انواع الصمغ الراتنجي التي تؤدي لالتصاق الشنابر بجسم المكبس ولا تغلق الخلوص بإحكام

أو ← "ينتج اجزاء راتنجية تمنع الشنابر من قفل الخلوص بين الاسطوانة والمكبس بإحكام

كيف يمكن اكساب زيت التزييت القدرة على مقاومة التآكسد ؟

٢- القدرة على التنظيف والتشتيت

ويتم إكساب زيت التزييت المعدني الخام خصائص التنظيف والتشتيت بواسطة إضافة مواد كيميائية معينة. ووظيفة هذه المنظفات الكيميائية هي الحد من تكون الشوائب وتجعل من إزالتها بواسطة المرشحات أمر سهل.

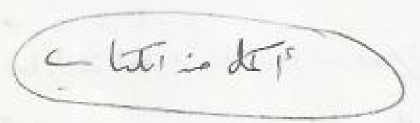
عند درجات الحرارة المنخفضة تتكون الشوائب كناتج ثانوي لاحتراق الوقود ووظيفة المنظفات هي في المحافظة على هذه الشوائب معلقة داخل الزيت أو تحويلها إلى مواد ذائبة فيه.

عند درجات الحرارة المرتفعة تتكون الشوائب من الأكسدة الجزئية لزيت التزييت. ووظيفة المنظفات في هذه الحالة مزدوجة فهي من ناحية تحافظ على جعل الشوائب عالقة في الزيت ومن ناحية أخرى فهي تقاوم التفاعل المؤدي إلى حدوث أكسدة للزيت والتي تؤدي إلى تحويل جزء من زيت التزييت إلى مركبات الورنيش. بالإضافة إلى ذلك فانه في محركات الديزل تساعد المنظفات على معادلة التفاعل الحمضي الناتج عن وجود مركبات الكبريت في الوقود.

وظيفة المنظفات
~~تحافظ~~
* تعمل على جعل الشوائب عالقة في الزيت
* تمنع حدوث أكسدة الزيت
* في محركات الديزل تعادل التفاعل الحمضي الناتج عن وجود كبريت في الوقود

٣- مقاومة التآكل والبرى المعدني

* التآكل يحدث نتيجة للعمليات الكيميائية المصاحبة للأكسدة
* البرى يحدث نتيجة للتلامس المعدني المباشر بين الاجزاء المتحركة
* التآكل الناتج عن النواتج الحمضية لاجزاء الاحتراق من الاسباب الرئيسية لتآكل جدران الاسطوانة وشنابر المكبس ويصبح التأثير سيئ بدرجة أكبر اذا كانت درجة حرارة جدران الاسطوانة منخفضة وذلك بسبب تكاثف المركبات الكيميائية الحمضية عليه

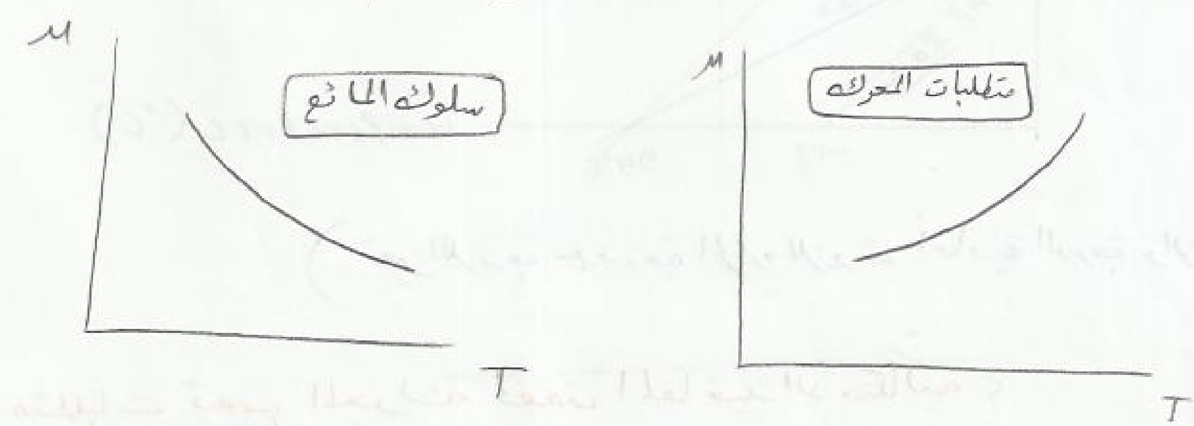


٤- ملاحمة الزيت لمختلف ظروف تشغيل المحرك

- متطلبات ظروف تشغيل المحرك :-

١- مع بدء ادارة المحرك حيث درجة الحراره منخفضه مطلوب أن تكون لزوجة الزيت منخفضه حتى يتمكن الزيت من تكوين لطبقة ذات سمك مناسب لتزييت أجزاء المحرك .

٢- بارتفاع درجة حرارة المحرك يجب ان تزداد لزوجة الزيت للحفاظ على طبقة زيت كافيه لمنع حدوث البرى وللمساهمه فى إحكام ومنع تسرب الغازات من خلال خلوص المكبس



∴ درجة الحراره الخارجيه تؤثر على لزوجة الزيت وبالتالى أصبحوا يعملوا زيت خاص بفصل الصيف وآخر خاص بالشتاء ولكن الحل لتلاشى هذه المشكله هو عمل زيت متعدد الدرجات عن طريق اضافة مركبات كيميائيه تحافظ على مستوى لزوجة الزيت ضمن حدود مناسبة .

تصنيف الزيوت طبقاً لجمعية مهندسى السيارات

(SAE) Society of Automotive engineers.

حيث تستخدم الجمعيه سبع أرقام لتصنيف الزيوت

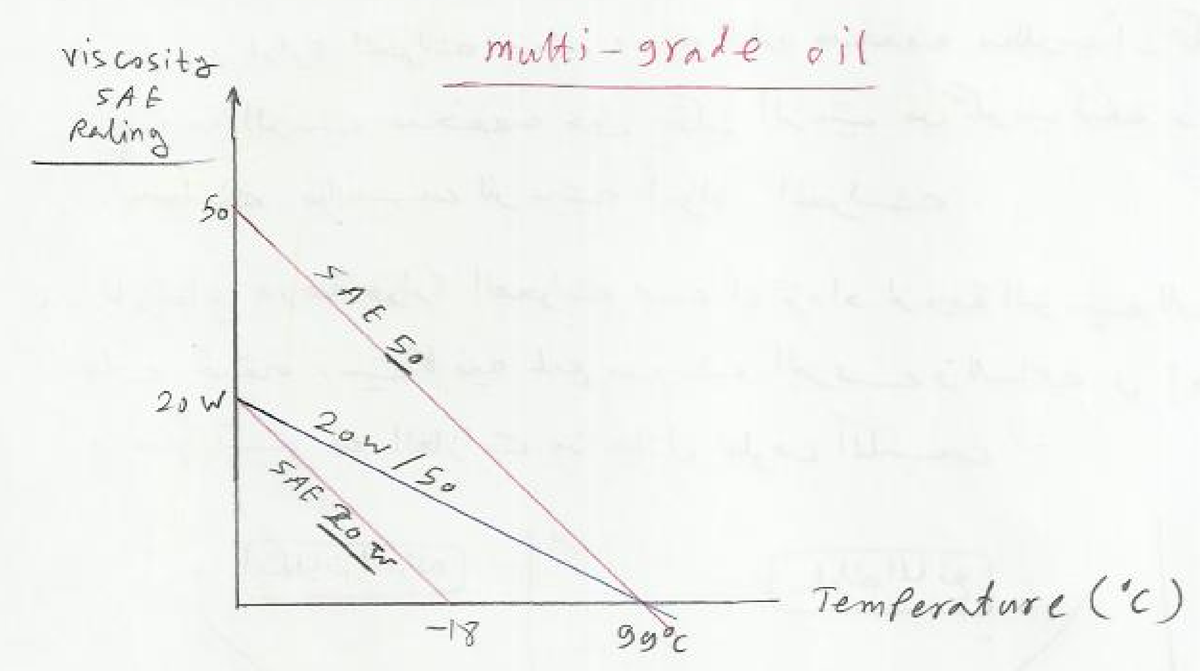
5W , 10W , 20W , 20 , 30 , 40 , 50

* الأرقام المتبوعه بحرف (W) تعنى انه هذا الزيت مناسب فى المناخ البارد وقيمه اللزوجه فى هذه الحالة مقاسه عند $-18^\circ C$

* الأرقام غير المتبوعه بـ (W) يعنى أنه هذا الزيت مناسب فى المناخ الحار وقيمة لزوجته فى هذه الحاله مقاسه عند $99^\circ C$

* يطلق على الزيوت التي يمكن استخدامها على مدار العام اسم الزيوت متعددة الدرجات ويرمز لها على سبيل المثال (20W/50)

multi-grade oil



(تغير اللزوجة مع درجة الحرارة للزيوت أحادية الدرجة والزيوت متعددة الدرجات)

متطلبات تصميم المحرك لخفض المفاقيد الاحتكاكية؛

1. قيمة الخلوص بين الأجزاء المتحركة
2. نوع المواد الخام المستخدمة في تصنيع المحرك
3. درجة التشطيب المطلوبة للأسطح المتماسة
4. مساحة الأسطح المتماسة والتي تسبب الاحتكاك

5- الاحتكاك بين اسطوانة ومكبس المحرك

- قياس قوى الضغط المسببة للاحتكاك بين الاسطوانة والمكبس حيث تصل لاقصى احتكاك في الحركة الترددية لاي جسم مثل المكبس والاسطوانة

∴ ان المكبس يرتطم بجوانب الاسطوانة وبالتالي لو السرعة الخطية زادت عن حد معين حركة المكبس تنفصل وهذا هو الذي يجعل المصممين لايستطيعوا انتاج مكابس بسرعات مقترحة

غير مطلوب رسم الجهاز شكل (2-6)

2- 4 قياس الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة للمحرك

كما سبق القول الاحتكاك يحدث فى المناطق التى يكون فيها تماس بين الأسطح المتحركة وبالتالى يمكن تحديد جميع الأماكن التى يحدث فيها وهى:

1- كراسي عامود المرفق
2- نهايات ذراع التوصيل
3- المكبس و الشنابر والاسطوانة
4- كراسى عامود الكامات
5- محاور أزرع تشغيل صمامات السحب والعادم
6- عامود إدارة مضخة الزيت وموزع الشرارة الكهربائية (محركات الإشعال بالشرارة)
7- كراسى عامود إدارة مضخة الوقود (محرك الديزل)
8- ساق كل من صمام السحب والعادم

وتكون مجمل الطاقة المفقودة فى الاحتكاك فى المحرك هى مجموع الطاقة اللازمة للتغلب على الاحتكاك فى جميع هذه الأجزاء. ومن تحليل القوى الواقعة على تلك الأجزاء المختلفة خلال حركتها نستنتج أن أكبر قيمة للطاقة المستهلكة فى التغلب على الاحتكاك تكون بين الأجزاء ذات الحركة الترددية والأسطح المتماسة معها مثلما هو الحال بين المكبس والاسطوانة وكذلك بين ساق الصمام ودليله. أما المحاور ذات الحركة الدورانية فيكون الاحتكاك فيها أقل.

لتعين مقدار الطاقة المفقودة فى الاحتكاك لمحرك الاحتراق الداخلى معمليا يستخدم اختبار معملى يسمى (Motored test) وفية يم تركيب المحرك المراد معرفة قيمة الفقد الاحتكاكى له على ديناموميتر كهربى يعمل عن بدء تشغيل المحرك كبادئ حركة (March) وعند بدء الاشتعال فى المحرك يعمل كمولد كهربى يدار بواسطة المحرك. وتتم التجربة بترك المحرك دائرة فترة كافية حتى يصل إلى حالة الاستقرار ثم يفصل التيار الكهربى عن دائرة الإشعال فيتوقف الحريق داخل المحرك ولكنه يستمر فى الدوران بسبب وجود الديناموميتر ويتم إجراء القياسات على المحرك فى الحال قبل أن تنخفض درجة حرارته حتى لا تتأثر دقة القياسات بتغير ظروف التشغيل.

عند الرغبة فى معرفة نسب كل فقد احتكاكى فى احدى مناطق الاحتكاك إلى للاحتكاك الكلى فان الأمر يتطلب إجراء الاختبار على محرك أبحاث معد خصيصا لهذا الغرض حيث يمكن تفكيك أجزاءه كما فى شكل 2-6 .

من نتائج هذا الاختبار يمكن ملاحظة ما يلى للمجموعات المتحركة للمحرك:

من شكل (2-7) الفقد فى الاحتكاك فى مجموعة المكبس تكون قيمتها مرتفعة أثناء الشوط الفعال للدورة الحرارية (شوط التمدد) مقارنة بباقى أشواط المحرك بسبب ارتفاع الضغط أثناء هذا الشوط

Combustion cylinder oil supply
Cylinder head
Leak-off from junk rings
Junk rings
Upper diaphragm spring
Combustion cylinder
Piston
Water jacket
Electromagnetic pick-up
Lower diaphragm spring
Crosshead cylinder
Blow by and oil consumption measured here
Crosshead seals
Crosshead oil drain
Crosshead
Water jacket
crankcase

شكل 2-6 تركيب المحرك المعملى المصنع لقياس قيم مفاقيد الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة للمحرك

أقصى قيم للاحتكاك تكون بالقرب من النقاط الميتة مباشرة لحدوث تلامس مباشر بين شنابر المكبس ومعدن الاسطوانة.

عادة يجهز المكبس بشنبرين للضغط (Compression ring) وحسب حاجة المحرك شنبر أو اثنين للزيت (Oil ring). تعمل شنابر الضغط على عدم حدوث تسرب لمانع التشغيل أعلى المكبس إلى علبة عامود المرفق مما يعني المحافظة على قيمة الضغط داخل اسطوانة المحرك, بينما تعمل شنابر الزيت على توزيع الزيت على جدار الاسطوانة وكشطه حتى لا يحترق أثناء إجراء الاحتراق. تصنع شنابر المكبس من سبيكة من الحديد لها مرونة مرتفعة بحيث عند تركيب مجموعة المكبس داخل الاسطوانة تضغط الشنابر على جدران الاسطوانة بالتالي في المناطق ذات التزييت منخفض الجودة كما عند النقطة الميتة العليا يحدث تلامس بين معدن الشنابر ومعدن الاسطوانة. لخفض مقدار الفقد في الاحتكاك في هذه المنطقة (منطقة التلامس المباشر لمعدن الاسطوانة ومعدن الشنابر) تصنع شنابر الضغط بأقل مساحة تلامس ممكنة بينها وبين الاسطوانة.

شكل 2-7 الفقد في الاحتكاك لمجموعة المكبس أثناء أشواط المحرك

مع ملاحظة أن القيم التالية تتغير قليلا بتغير الحمل يمكن تقريبيا صياغة

موضع الاحتكاك	نسبة قيمته إلى الاحتكاك الكلي
مجموعة المكبس (المكبس – الشنابر – نهايات زراع التوصيل)	مجموعة المكبس30 % الشنابر 20%
مجموعة الصمامات (الصمامات – كراسي عامود الكامات – المحاور)	% 25
كراسي عامود المرفق	% 10
باقي ملحقات المحرك (المضخات وخلافه)	% 15

بمقارنة شكل (2-5) مع شكل (2-7) نجد أن بينما الشكل الأول المرسوم من قيم محسوبة نظريا يبين أن قيم قوة الاحتكاك ($F_f = f \cdot F_{th}$) تساوى الصفر عند النقاط الميتة نجد أن شكل (2-7) يبين أن هذه القوة لها قيمة عند تلك النقاط. يرجع ذلك إلى أن السرعة اللحظية للمكبس تساوي الصفر عند النقاط الميتة له بالتالي قوى الاحتكاك ساوت الصفر في الحسابات النظرية بينما عمليا يحدث غير ذلك حيث تتسبب قوى القصور في تأرجح أجزاء المكبس هذا التأرجح يتسبب بدوره في ارتطام المكبس بجدار الاسطوانة عند هذه النقاط و يتسبب هذا الارتطام حدوث احتكاك بين معدن الاسطوانة ومعدن الشنابر عند هذه النقاط. وبسبب حدوث هذا الارتطام لا يسمح في اغلب المحركات بأن تتجاوز السرعة الخطية المتوسطة للمكبس 15 m/s حيث ارتفاعها عن هذه القيمة قد يتسبب في انهيار تركيبة المكبس وانخفاض معامل أمان تشغيل المحرك.

لتقليل قوة الارتطام عند النقطة الميتة العليا اتجه مصممي المحركات إلى استخدام المكبس ذو البنز المرحل offset wrist pin وفيه يتم ترحيل البنز عن محور المكبس مسافة صغيرة تقدر بأجزاء المليمتر ناحية صمام العادم.

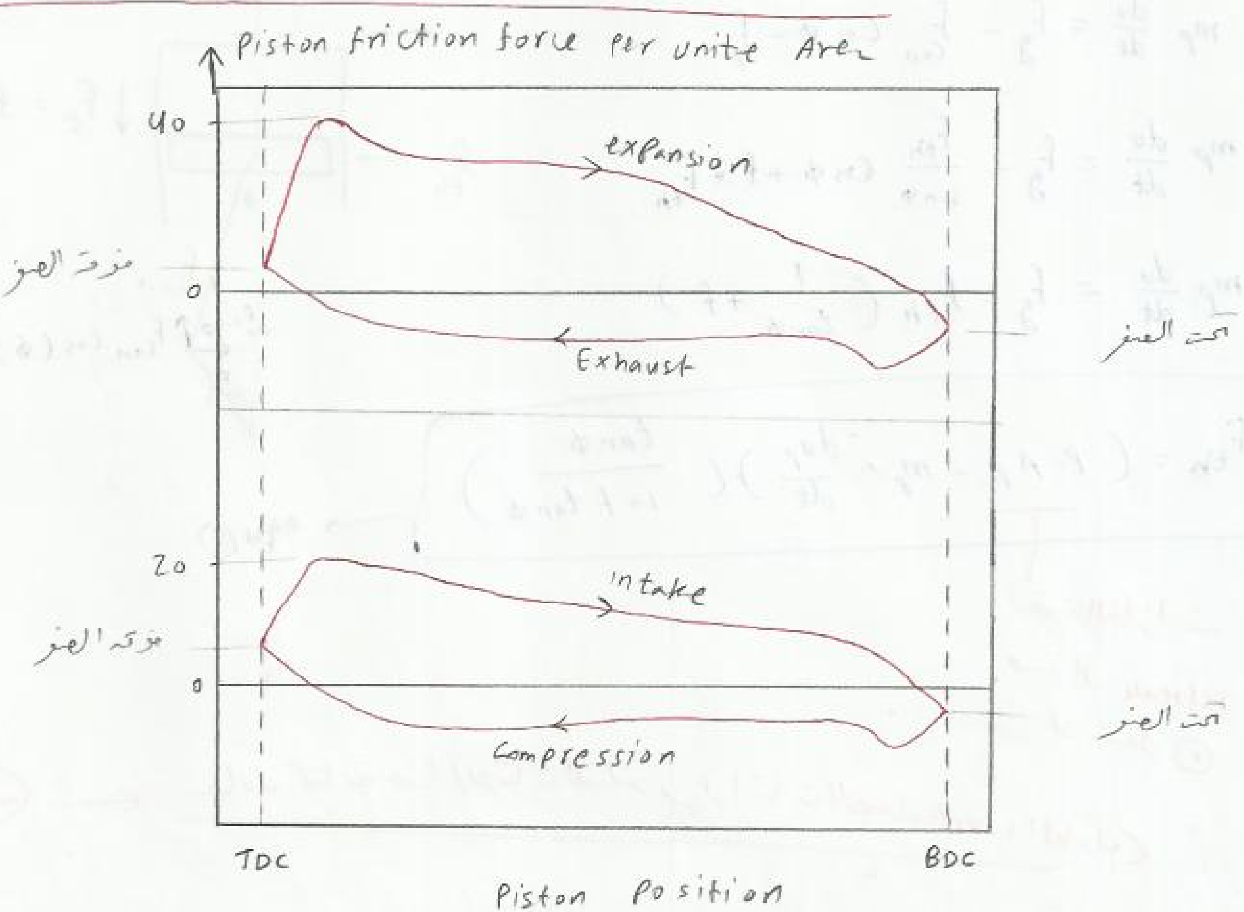
5-2 تعين قيم مفاقيد الاحتكاك نظريا

في هذا الجزء سوف يتم التعرف على كيفية استخدام نظرية التزييت Lubrication theory كأساس لحساب مفاقيد الاحتكاك و الاستعانة بمعادلات تجريبية مستنتجة على ضوء تلك النظرية وبعض القياسات المعملية وذلك للحصول على تصور مبدئي يفيد في فهم الدارس لطبيعة إجراءات التزييت في المحركات. وقد روعي في ذلك اختيار ابسط المعادلات ويمكن للدارس الرجوع لأحد المراجع المذكورة في نهاية الكتاب إذا رغب في التوسع في دراسة حساب الاحتكاك في المحركات.

1- حساب الفقد نتيجة الاحتكاك المكبس والشنابر وبين جدار الاسطوانة

من شكل (2-8) هناك طبقة من الزيت تفصل بين الشنبر وجدار الاسطوانة سمكها δ هذا السمك تتوقف قيمته على موضع تواجده وتوقيت هذا التواجد.

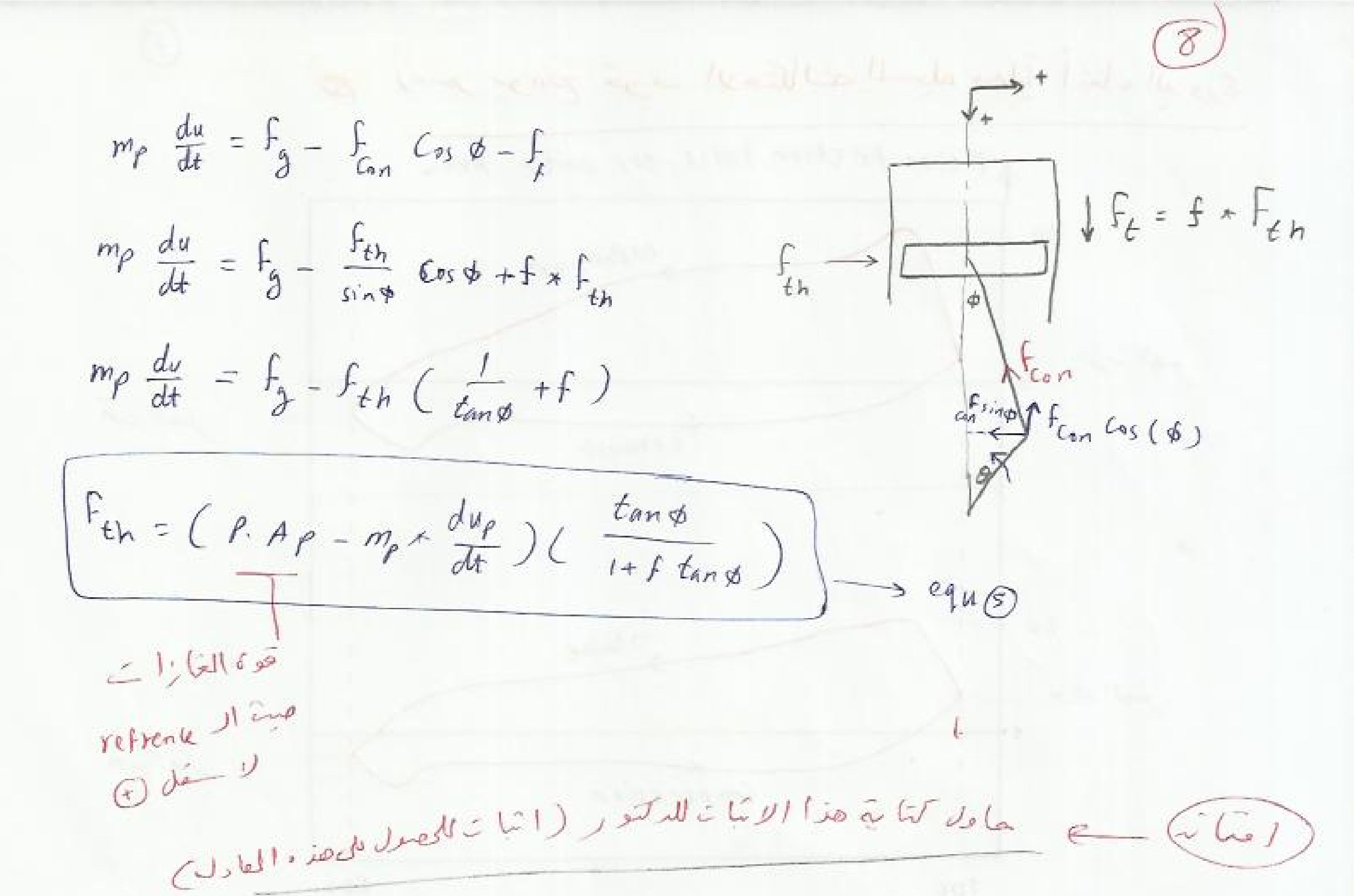
رسم يوضح قوى الاحتكاك المسجله معملياً أثناء الدورة



(الفقد في الاحتكاك لمجموعة المكبس أثناء شوط المحرك)

* القيم اللى تحت الصفر مش معناها سالب ولكن معناها ان القوى غيرت الاتجاه
* الـ expansion يكون اكبر ما يمكن بينما باقى الاشواط الثلاثة المتبقية تكون متقاربة.
* الـ refrence ← اتجاه ⊕ ← للقيم التى تؤثر فى اتجاه المكبس وهو نازل.

∴ نظرياً عند TDC الاحتكاك = صفر
ولكن عملياً اتضح من الرسم اعلى الصفحه ان الاحتكاك له قيمة ---- ما السبب؟
ذلك لأن المكبس يرتطم بجانبى الاسطوانه عندما يصل الى TDC فيسبب احتكاك عالى



$$m_p \frac{du}{dt} = f_g - f_{con}\cos\phi - f_f$$

$$m_p \frac{du}{dt} = f_g - \frac{f_{th}}{\sin\phi}\cos\phi + f * f_{th}$$

$$m_p \frac{du}{dt} = f_g - f_{th}\left(\frac{1}{\tan\phi} + f\right)$$

$$f_{th} = \left(P . A_p - m_p * \frac{du_p}{dt}\right)\left(\frac{\tan\phi}{1 + f\tan\phi}\right) \longrightarrow \text{equ } (5)$$

قوة الغازات

حيث الـ refrence للأسفل (+)

(امتحان) ← حاول كتابة هذا الاثبات للدكتور (اثبات الحصول على هذه المعادلة)

$$f_f = f * f_{th}$$

معامل الاحتكاك

لحساب معامل الاحتكاك من خريطة ستريبك حيث في الامتحان قد يعطي الخريطه ولايعطي معامل الاحتكاك حيث نحسب strebick number ومنه نحسب معامل الاحتكاك

هام (إثبات امتحان 2012) لحساب العجلة

$$S' = L_{con}\left[(1+\epsilon) - \left(\epsilon\cos\theta + \sqrt{1-(\epsilon\sin\theta)^2}\right)\right]$$

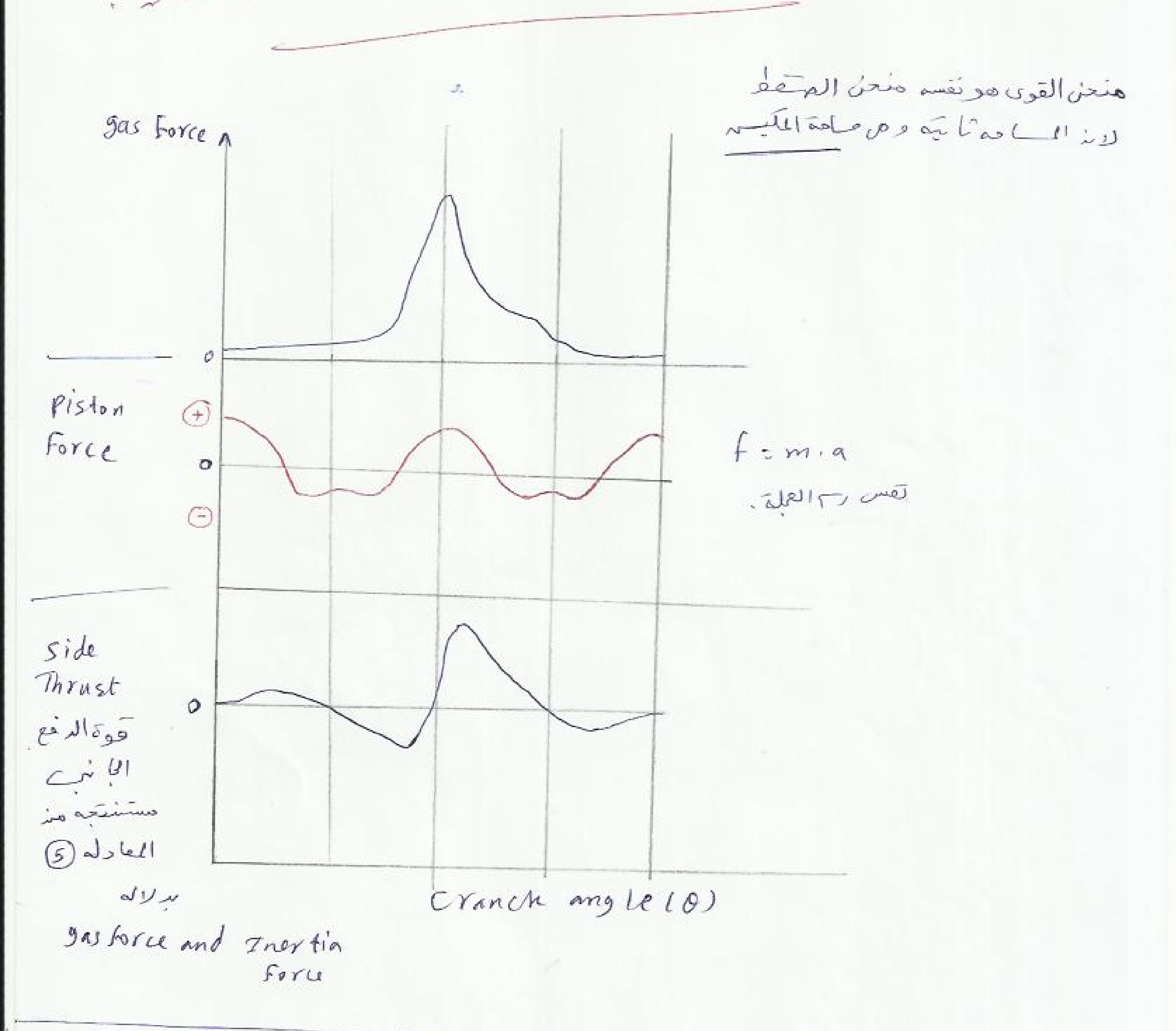
$$U_p = \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{d\theta}\cdot\frac{d\theta}{dt} = \omega\frac{ds}{d\theta} = \frac{\omega l_{st}}{2}\left(\sin\theta + \frac{\epsilon\sin(2\theta)}{2\sqrt{1-(\epsilon\sin\theta)^2}}\right)$$

$$a_p = \frac{du_p}{dt} = \frac{du_p}{d\theta}\cdot\frac{d\theta}{dt} = \omega\frac{du_p}{d\theta}$$

$$\therefore a_p = \frac{\omega^2 l_{st}}{2}\left[\cos\theta + \frac{\epsilon\left(\cos(2\theta) + \epsilon^2\sin^4\theta\right)}{\left(1-(\epsilon\sin\theta)^2\right)^{1/2}}\right]$$

← سؤال هذا الاثبات في الامتحان

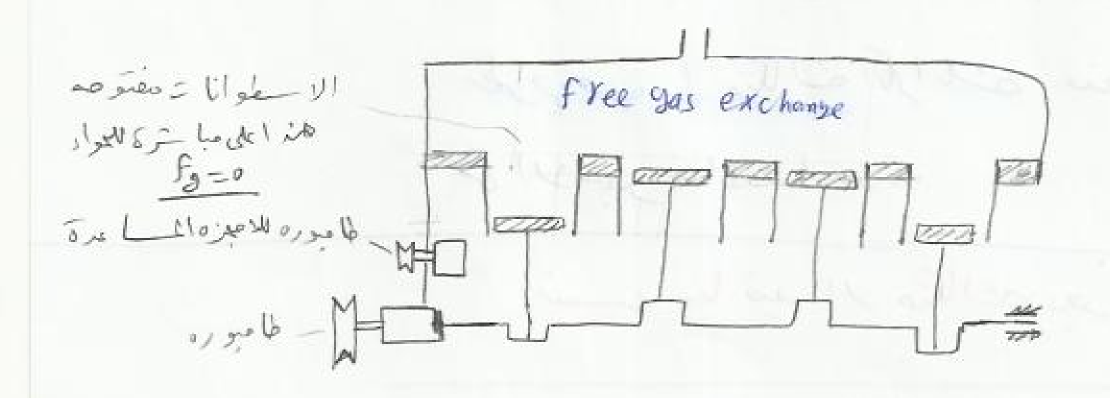
وقد يعطي قيمة العجلة وبالتالي لا احتاج الى اثبات العجلة في الامتحان.



محاضرة ⑤
د/ عوض رشاد
AlAqsA is our goal.

قياس القدرة المفقودة في الاحتكاك بين الاجزاء للحركة

فيما سبق كنا نقيس الشغل المفقود وبالتالي كنا نتحدث عن دورة واحدة بينما الآن نتحدث عن القدرة بمعنى الشغل في الزمن المعين لذا نحن نتحدث عن عدد من الدورات.



① نلاحظ ان الاسطوانات مفتوحة من اعلى بمعنى انها معرضة للهواء الجوي بالتالي $f_{gases} = 0$

② نشغل المحرك بواسطة ماتور كهربي (motoring) ونشغل طرمبة الزيت بوسيلة خارجية ∴ قدرة الماتور الكهربي الذي سيدور المحرك هي تمثل القدرة المفقودة في الاحتكاك بين المكبس مع الاسطوانة وذراع التوصيل مع الكرانك ولتكن A_1

③ لقياس الاحتكاك بين الكرانك والكراسي ~~نوصل~~ نزيل* كل المكابس ∴ عرفنا الاحتكاك في الكرانك وكراسي المحور ولتكن A_2

بالتالي لايجاد الاحتكاك في مجموعة المكابس نقوم بطرح قيمة الاحتكاك للكرانك مع الكراسي

$= A_1 - A_2 =$

④ ثم نوصل عمود الكامات المستخدمين لإدارة صمامات الفتح والغلق ∴ هتقيس الاحتكاك للمكبس مع الاسطوانة + الكرانك مع الكراسي + عمود الكامات والصمامات

∴ لما نطرح من هذه القراءة قيم A_1 ، A_2 نحصل على الاحتكاك في عمود الكامات والصمامات.

٩ توصل طلمبة مضخة الزيت بواسطة الكرانك shaft بالتالي لما نطرح القيم المعروفة نستطيع حساب الاحتكاك في طرمبة الزيت.

٩ توصل السير بالطلمبة التي تقوم بتشغيل الاجهزة المساعدة (مضخة مياه مثلا)

∴ الاحتكاك في الاجهزة المساعدة + الكرانك معروف نطرح قيمة احتكاك الكرانك فنحصل على الاحتكاك في الاجهزة المساعدة.

نسب مفاقيد الاحتكاك بعد التزييت

موضع الاحتكاك	النسبة
مجموعة المكبس	المكبس + ذراع التوصيل ٢٠٪ والشنابر ٢٠٪
مجموعة الصمامات (الصمامات + كراسي عامود المرفق)	٢٥٪
عامود المرفق	١٠٪

باقي الملحقات 15٪

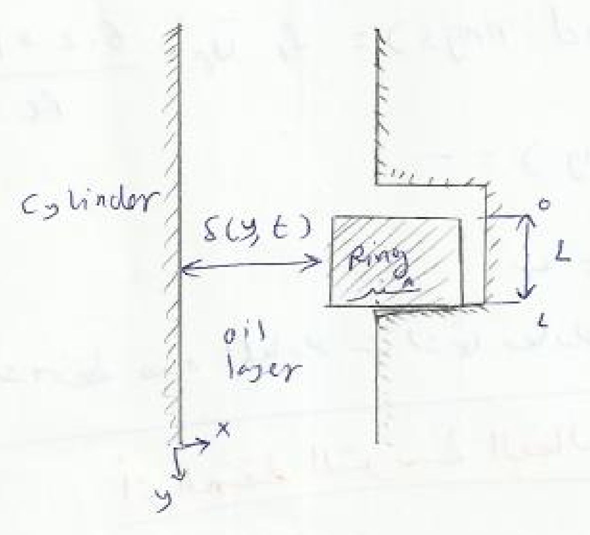
∴ يتضح أنه

أكبر مفاقيد تكون في المكبس ٩ مجموعة الصمامات ٩ عامود المرفق.

طريقة اخرى لحساب الطاقة المفقوده في الكلبس

الشغل = قوة x مسافه

Hydrodynamic lubrication Theory



[تحليل هيدروديناميك لطبقة الزيت الموجودة بين الشنابر وجدار الاسطوانة]

$$\int_0^L P_o(x,t)\,dy = L\,(P_e + P(t) + P_{top}(t))$$

الضغط الجانبي

P_o: oil pressure , P_e: Ring pressure (ثابته) , P_{top}: gas pressure , P: Thrust pressure

∵ الضغط الجانبي داله في θ وال θ داله في الزمن ∴ الضغط الجانبي داله في الزمن

المعادلات الآتيه للاطلاع فقط

Reynolds equation

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\delta^3 \frac{\partial P_o}{\partial y}\right) = 6\mu U \frac{\partial \delta}{\partial y} + 12\mu \frac{\partial \delta}{\partial t}$$

with Boundary ~~equ~~ condition

$$P_o(0,t) = P_{top}(t)$$

Spark ignition engine $CC = 885 : 2000$

$$tfmep = C_1 + 48\left(\frac{N}{1000}\right) + 0.4\,\bar{U}_p^{\,2}$$

Direct in section $C_1 = 75\ kPa$

Large swirl chamber $C_1 = 110$ kPa

Small swirl chamber $C_1 = 144$ kPa

كل المعادلات السابقة لا تحفظ ولكن سيعطي ورقة فيها عدة معادلات

وتختار منها بينها

fmep (for piston and rings) $= S_f \, \bar{U}_p^{2} \, \dfrac{6.2 \times 10^{4} \, r^{0.2}}{R_c}$

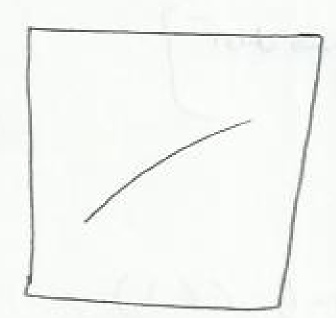
fmep (Journal bearing) = —

fmep (for pumps) = —

لا تحفظ هذه المعادلات لأنها معادلات معطية.

أثر الضغط المتوسط الفعال على الاحتكاك

fmep
(friction mean effective pressure)



لأن الضغط المتوسط الفعال يعبر عن الـ load وبالتالي كلما الـ Load زاد يزداد الضغط على كراسي المحاور فيزيد الاحتكاك.

أثر سرعة الدوران

fmep

engine speed

حيث بزيادة السرعة يزداد الاحتكاك بين طبقات الزيت وبعضها البعض.

هام جدا راجع الكتاب من ص 52 — 59

أهمية التزييت في المحركات ؛

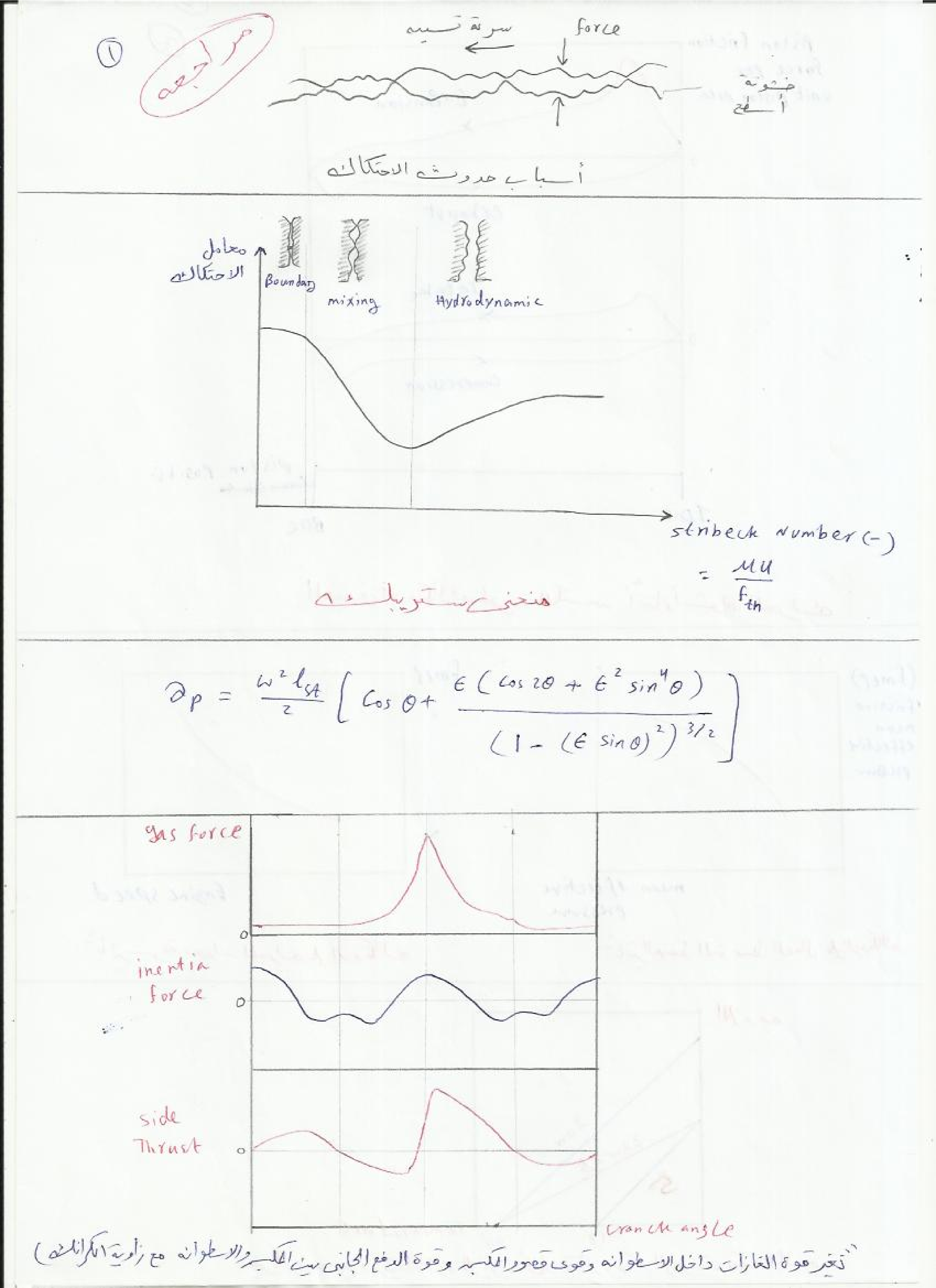
١- تخفيض الطاقة المفقودة في الاحتكاك مما رفع الكفاءة الميكانيكية ويعمل على خفض الاستهلاك النوعي للوقود

٢- يحمي المحرك من حدوث عمليات التآكل المصاحبة للاحتكاك

٣- يساهم في تبريد اجزاء المحرك والتي لا تصل اليها دورة التبريد مثل السطح الداخلي للكباس

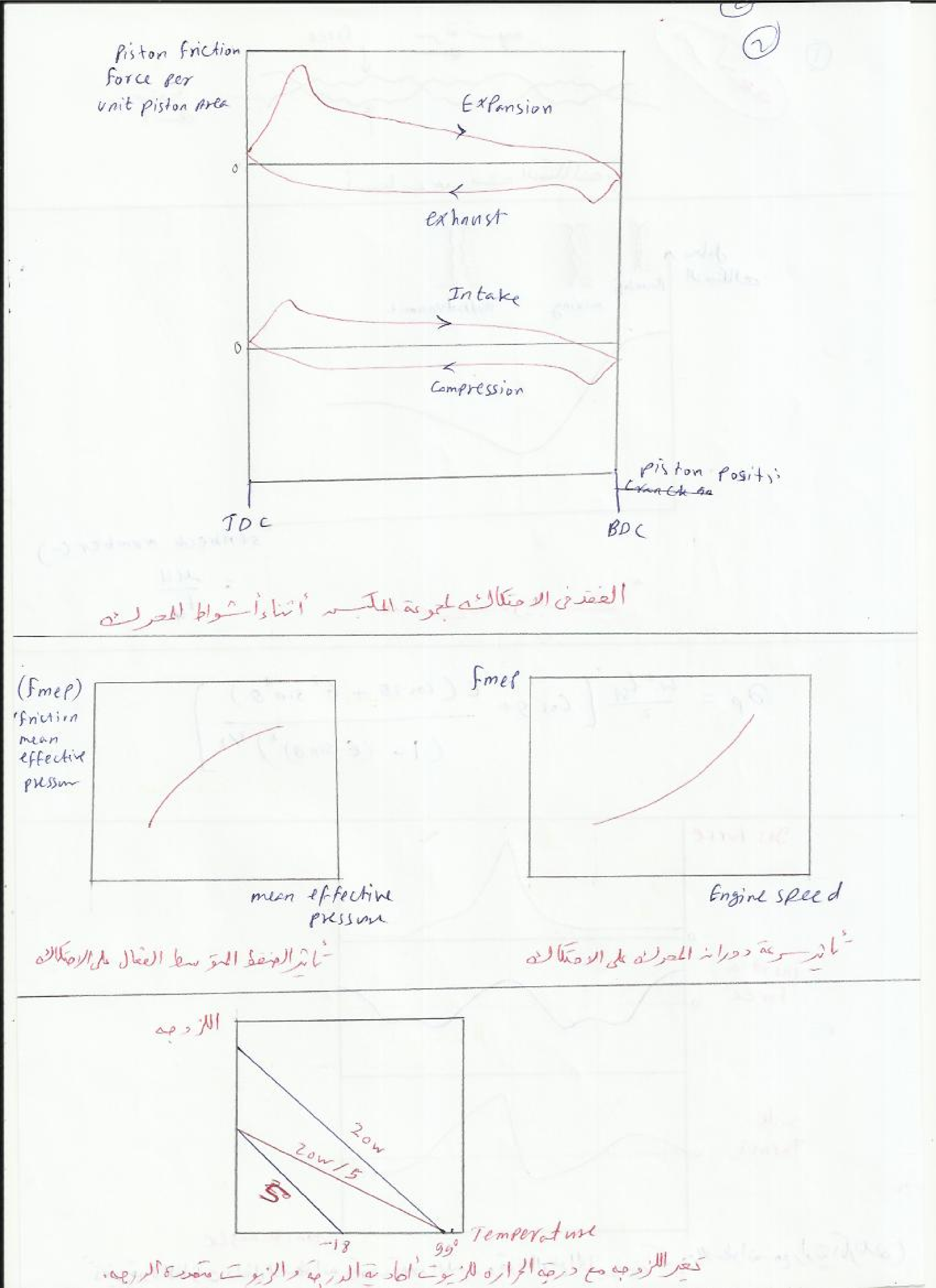
٤- يزيل اي شوائب ناتجة عن التآكل المعدني المصاحب للاحتكاك من حيز الخلوص بالتالي يحافظ على بقاء الخلوص نظيفاً

٥- يساهم في منع تسرب الغازات بين خلوص الكباس والاسطوانة في شوطي الانضغاط والتمدد .

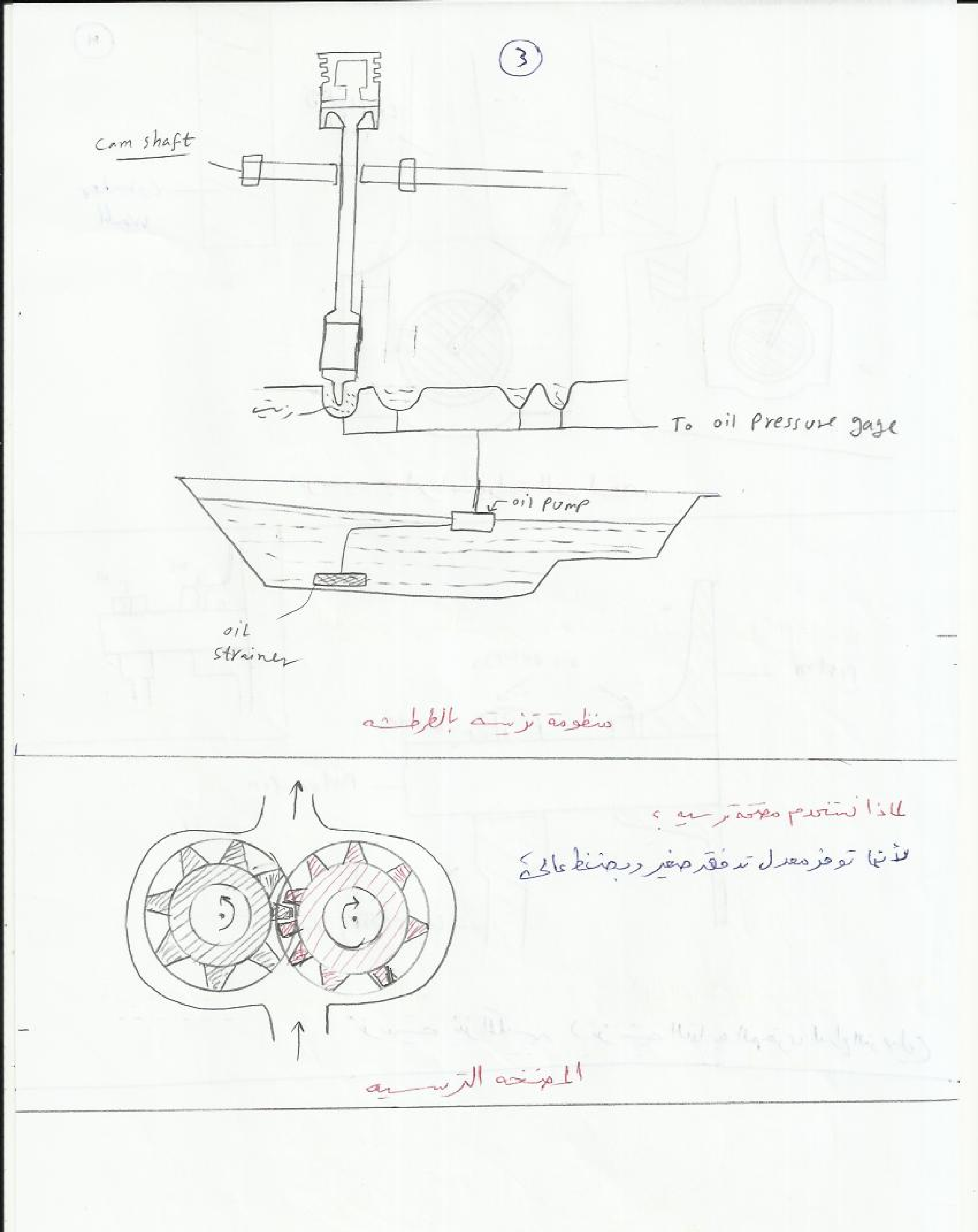


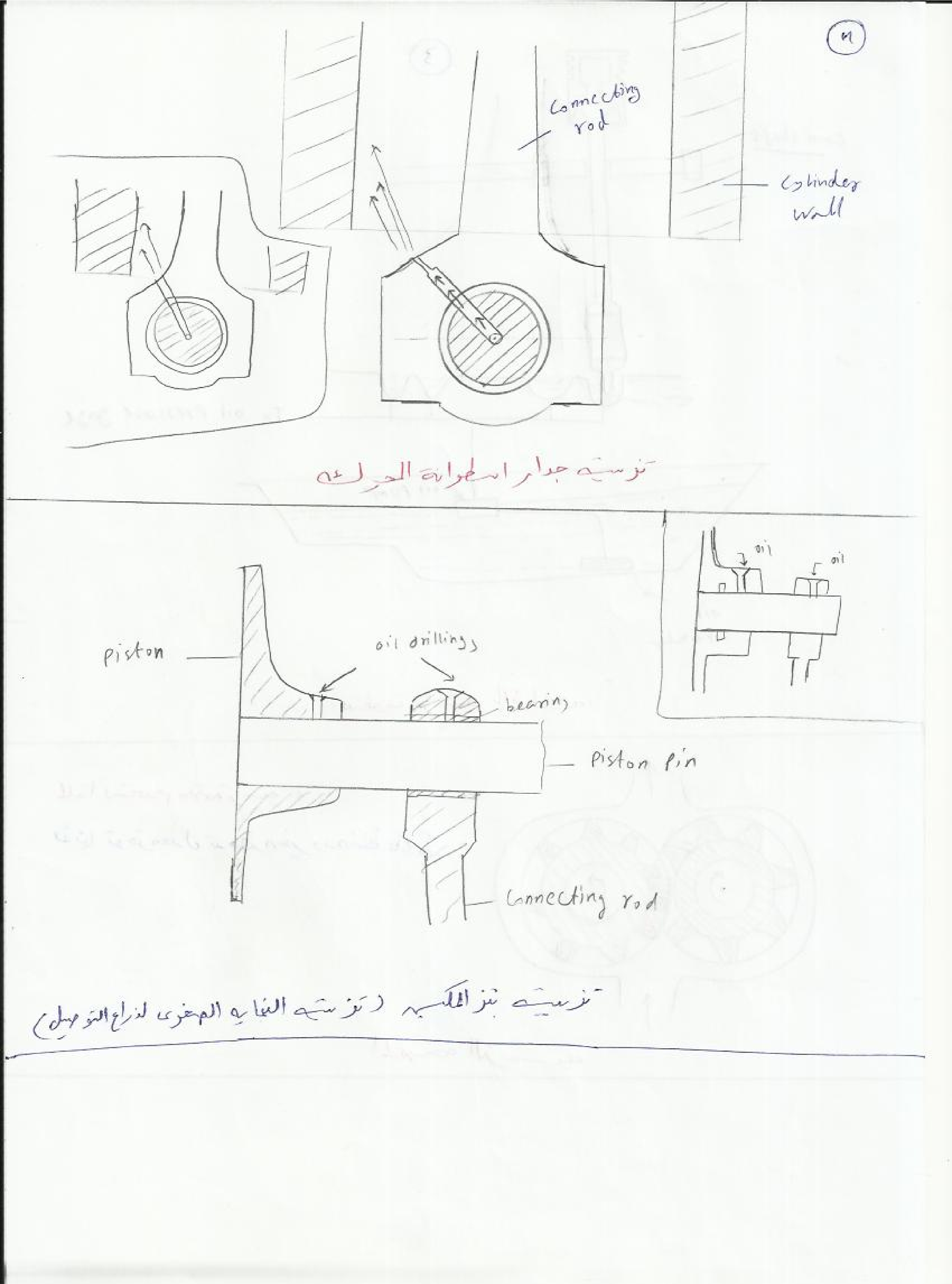
$$= \frac{\mu u}{f_{th}}$$

$$\partial p = \frac{\omega^2 l_{st}}{2}\left[\cos\theta + \frac{\epsilon(\cos 2\theta + \epsilon^2 \sin^4\theta)}{(1-(\epsilon \sin\theta)^2)^{3/2}}\right]$$

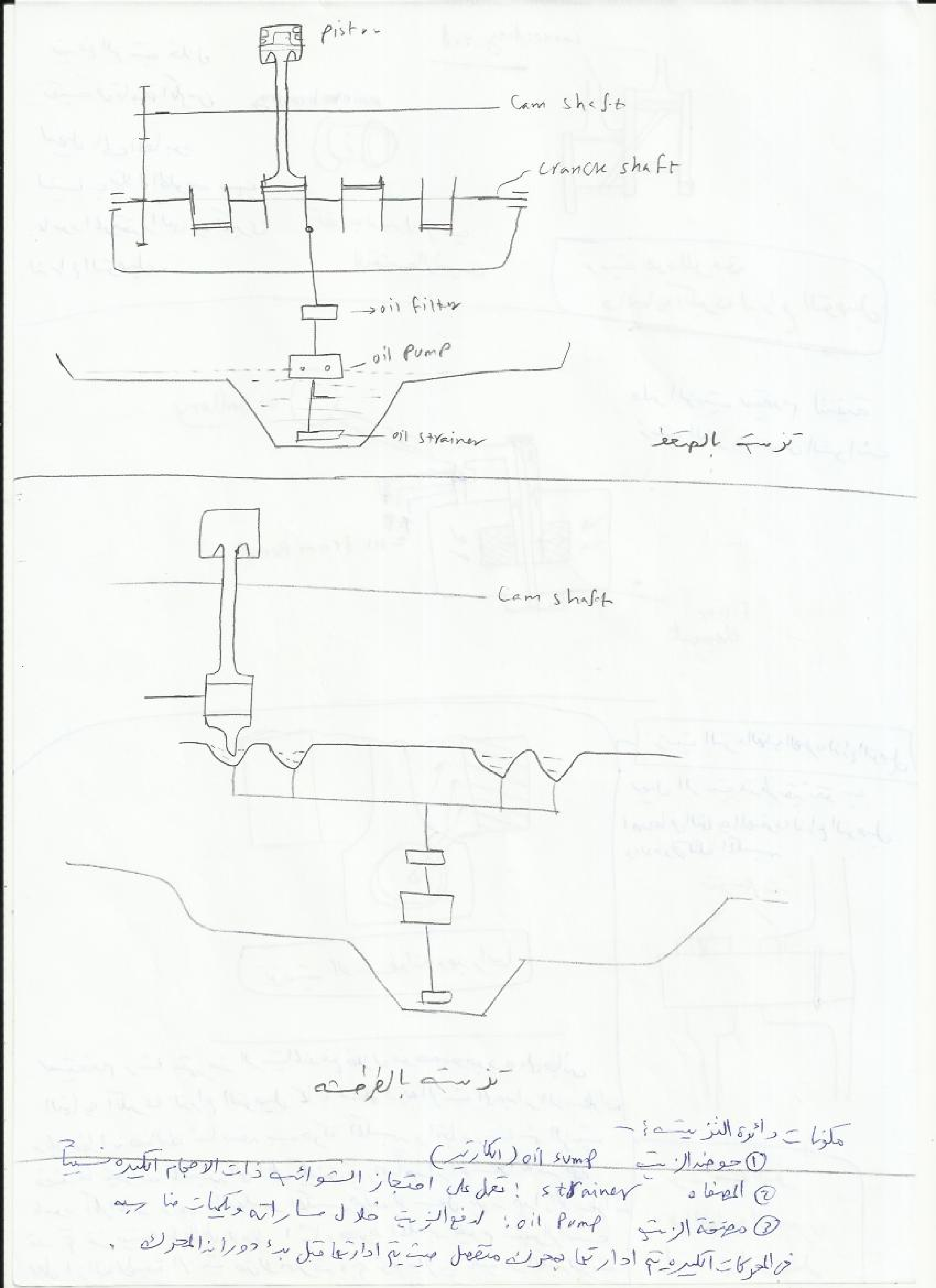


2
Piston friction force per unit piston area
Expansion
0
exhaust
Intake
0
compression
piston positi
TDC
BDC
المنحنى الاحتكاك لحركة المكبس أثناء أشواط المحرك
(Fmep) friction mean effective pressure
mean effective pressure
تأثير الضغط المتوسط الفعال على الاحتكاك
fmep
Engine speed
تأثير سرعة دوران المحرك على الاحتكاك
اللزوجة
20W
20W/5
5
Temperature
-18
99°
تغير اللزوجة مع درجة الحرارة للزيوت أحادية الدرجة والزيوت متعددة الدرجة.


3
Cam shaft
زيت
To oil Pressure gage
oil Pump
oil strainer
منظومة تزييت بالطرطشة
لماذا نستخدم مضخة ترسية؟
لأنها توفر معدل تدفق صغير وبضغط عالي
المضخة الترسية



٣
Connecting rod
Cylinder Wall
تزييت جدار اسطوانة الحركة
oil
oil
piston
oil drillings
bearing
piston pin
Connecting rod
تزييت بنز المكبس (تزييت النهاية الصغرى لذراع التوصيل)



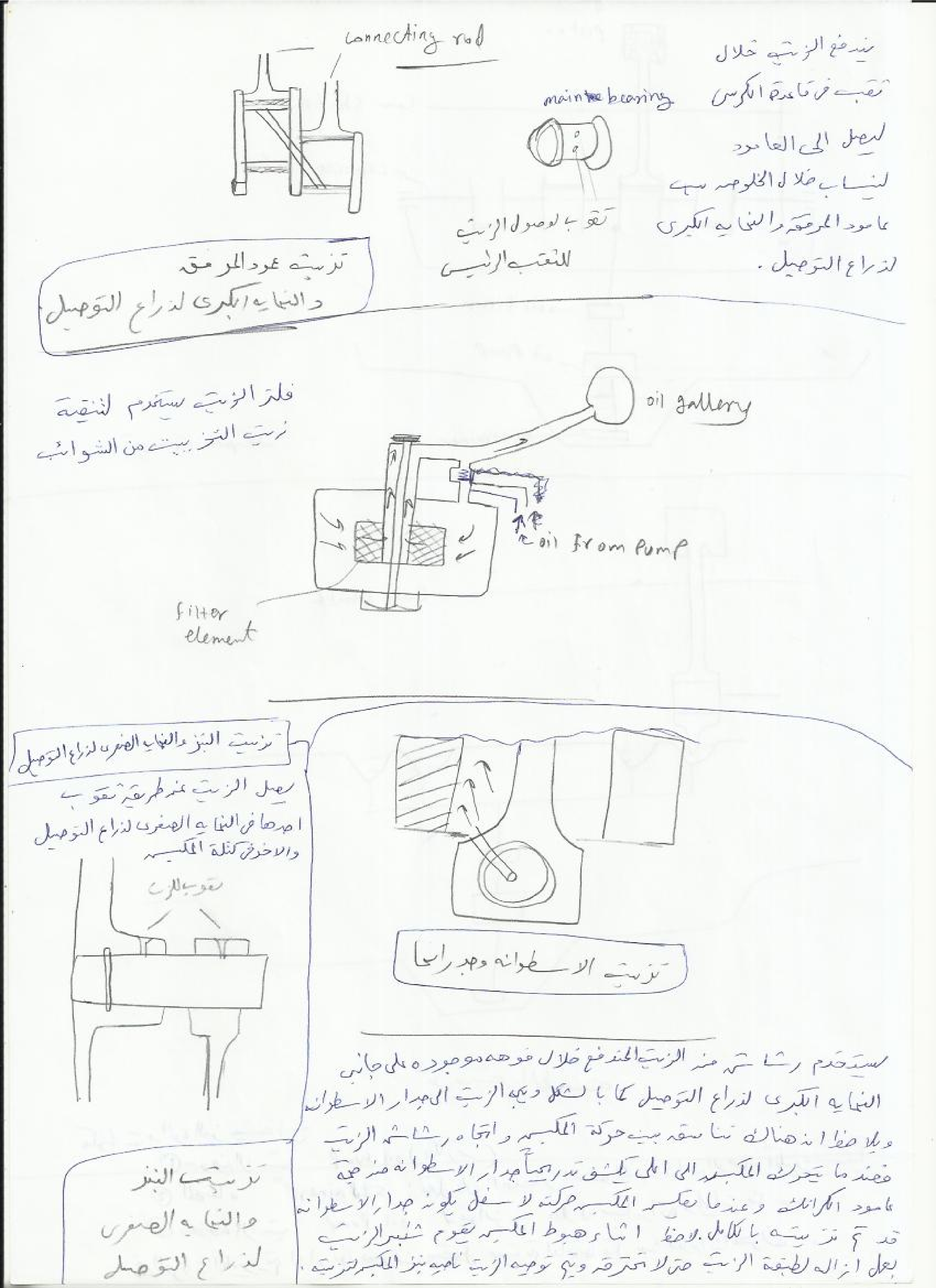
مكونات دائرة التزييت :-

① حوض الزيت oil sump (الكارتير)

② المصفاه strainer : تعمل على احتجاز الشوائب ذات الاحجام الكبيرة نسبيا

③ مضخة الزيت oil pump : لدفع الزيت خلال مساراته وكميات مناسبه

في المحركات الكبيرة يتم ادارتها بمحرك منفصل حيث يتم ادارتها قبل بدء دوران المحرك .



يندفع الزيت خلال ثقب في قاعدة الكرسي ليصل الى العامود لينساب خلال الخلوص بين عامود المرفق والنهاية الكبرى لذراع التوصيل.

تزييت عمود المرفق والنهاية الكبرى لذراع التوصيل

فلتر الزيت يستخدم لتنقية زيت التزييت من الشوائب

تزييت البنز والنهاية الصغرى لذراع التوصيل

يصل الزيت عن طريق ثقوب احدها في النهاية الصغرى لذراع التوصيل والاخرى في كتلة المكبس

تزييت الاسطوانه وجدرانها

يستخدم رشاشه من الزيت المندفع خلال فوهه موجوده على جانبي النهايه الكبرى لذراع التوصيل كما بالشكل ويتجه الزيت الى جدار الاسطوانه ويلاحظ ان هنالك تناسقه بين حركة المكبس واتجاه رشاشه الزيت فعندما يتحرك المكبس الى اعلى يكشف تدريجياً جدار الاسطوانه من جهة عامود الكرانك وعندما تعكس المكبس حركته لاسفل يكون جدار الاسطوانه قد تم تزييته بالكامل. لاحظ اثناء هبوط المكبس تقوم شنبر الزيت بعمل ازالة الطبقة الزيت حتى لا تحترق ويتم توجيه الزيت ناحيه بنز المكبس لتزييته.

تزييت البنز والنهايه الصغرى لذراع التوصيل

محاضرة ⑥
د/ عوض رشاد
AlAqsA is our goal.
10 - Pages

الشحن الجبري والكسح

Supercharging and scavenging

خرج نوعي = $\frac{Power}{volume}$ وزن نوعي = $\frac{Power}{وزن}$

* راجع ص 97 في الكتاب (مهم)

* ~~متى الاحتكاك يزيد~~

* متى الاحتكاك يزيد لما السرعة تزيد ؟
في حالة احتكاك طبقات الزيت ببعضها (hydrodynamic)

* متى الاحتكاك يقل لما السرعة تزيد ؟
في حالة الـ mixing lubrication

* الشحن الجبري يتم للمحركات الرباعية بينما الكسح لغازات العادم يكون في المحركات الثنائية لأن الوقت المتاح لدخول الشحنة صغير.

* أساليب رفع القدرة النوعية للمحرك

1- تحقيق أفضل انسياب للشحنة الداخلة للمحرك كذلك لغازات العادم الخارجة منه عن طريق * صقل سطح مجمع الشحنة و العادم
* تقصير مسارات المرور
* زيادة عدد الصمامات

٢- رفع نسبة انضغاط المحرك مع رفع رقم الاوكتان

٣- خفض الفقد في الاحتكاك عن طريق خفض قوى القصور للكبس باستخدام مواد تصنيع أخف وزن

٤- ضبط توقيت الشرر وتوقيت فتح وغلق الصمامات الكترونياً مع ظروف تشغيل المحرك

٥- استخدام منظومات الحقن الالكتروني للوقود

6- رفع ضغط الشحنة الداخلة للمحرك باستخدام ضاغط لزيادة كتلة الهواء الداخلة للمحرك جبرياً مما يمكننا من زيادة كتلة الوقود.

---

* زيادة الخرج النوعي لمحرك احتراق داخلي تتطلب زيادة كتلة الهواء الداخل للمحرك في وحدة الزمن حتى نستطيع زيادة كتلة الوقود الداخل للاسطوانة وتتحقق زيادة كتلة الهواء بـ ① زيادة سرعة الدوران ② رفع كثافة الهواء الداخل للمحرك باستخدام الشحن الجبري عن طريق ضاغط.

عيوب زيادة سرعة الدوران في الصفحة التالية.

* تحقيق زيادة الخرج النوعي للمحركات عن طريق زيادة سرعة الدوران

* عيوب زيادة أقصى سرعة للدوران.

زيادة قوى القصور التي يتعرض لها أجزاء المحرك

حيث زيادة سرعة الدوران يعني زيادة عدد الدورات الحراريه التي تتم في وحدة الزمن ويترتب على ذلك

١- زيادة الاهتزازات

٢- انخفاض الكفاءة الميكانيكيه نتيجة زيادة الاحتكاك

٣- انخفاض الكفاءة الحجميه لأنه لا يوجد وقت متوافر للسحب ويؤدي هذا الانخفاض في الكفاءة الحجميه الى انخفاض الكفاءة الحراريه والضغط المتوسط الفعال.

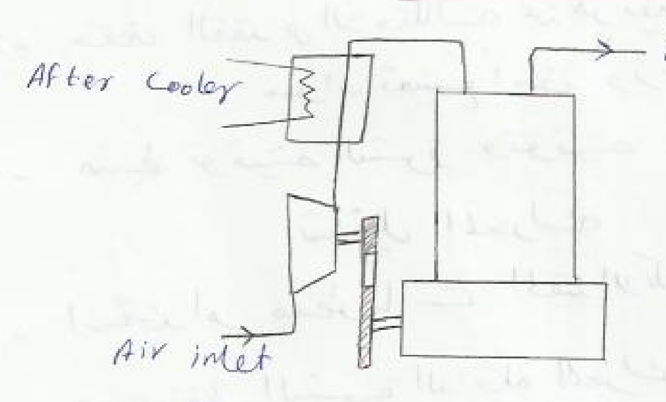
* أساليب الشحن للمحركات

١- الشاحن الميكانيكي mechanical supercharger

٢- الشاحن التوربيني Turbocharger

٣- الشاحن التضاغطي pressure wave supercharger

١- الشاحن الميكانيكي

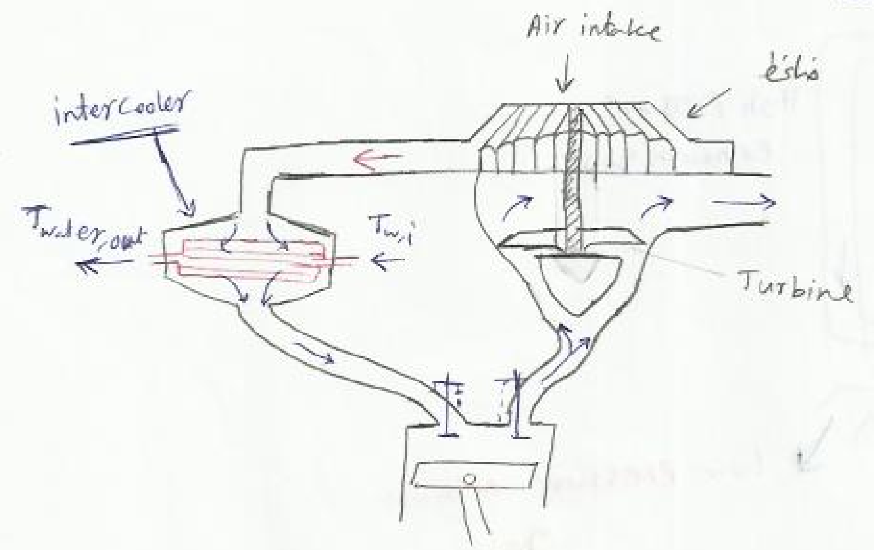


* لاحظ في هذا النوع يتم إدارة الضاغط بواسطة عمود المرفق للمحرك حيث طمبورة عمود المرفق قطرها أكبر من طمبورة الضاغط يعني أن سرعة الضاغط أكبر من سرعة عمود المرفق

* لاحظ ان الضاغط يتم فيه اجراء ايزنتروبي (f=0) او ادياباتيك (f≠0) يعني يزيد الضغط ويزيد درجة الحراره ويقل الكثافه لذا نضطر الى تبريد الخرج لأننا زودنا الضغط على حساب الكثافه لذا نبرده لزيادة الكثافه مره ثانيه

٢- الشاحن التربيني

وفيه يتم ادارة الضاغط عن طريق توربين غازي يدار بواسطة غازات العادم الخارجة من المحرك

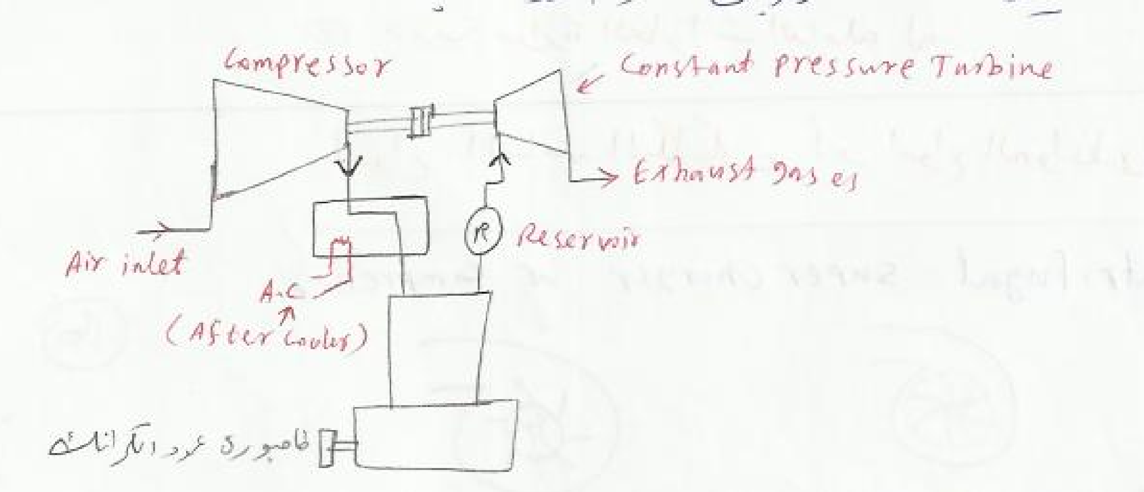


عيوبه
① سرعة عاليه جداً
② صوته عالي جداً

* يتطلب الشاحن التوربيني فتح صمام العادم مبكراً حتى تكون مواصفات غازات العادم مناسبه لتوليد قدرة مناسبه لإدارة الضاغط بالمواصفات المطلوبة.

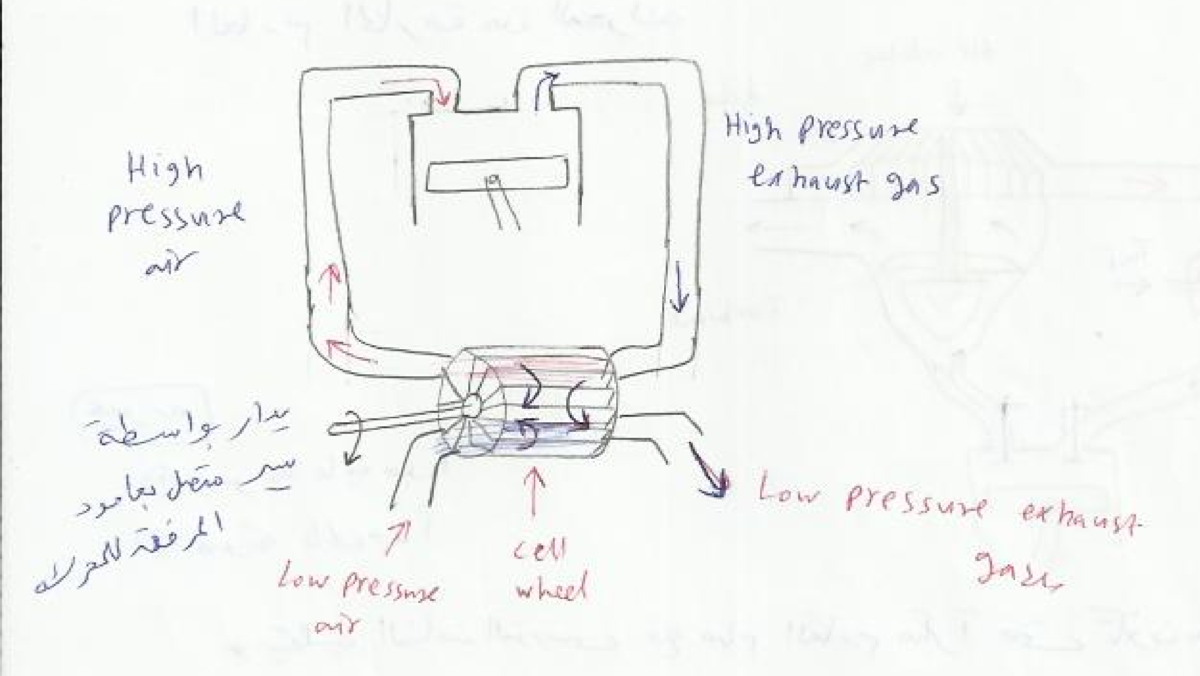
وكما هو معلوم تخرج غازات العادم من المحرك على شكل نبضات تعتمد على سرعتها على عدد اسطوانات المحرك وسرعته بالتالي يتطلب توفير ظروف تشغيل ثابتة للتربين، وجود خزان ذو ضغط ثابت تجمع فيه غازات العادم قبل دخولها للتربين كما بالشكل التالي

ويسمى شاحن توربيني ذو ضغط ثابت



[شاحن توربيني ثابت الضغط]

٣- الشاحن التضاغطي Pressure wave supercharger



هذا النوع من الشحن الجبرى لايحتوى على اى من الضاغط أو التوربين وتعتمد نظرية عمله على ماهو معروف عند اجراء خلط الغازات حيث أنه فى حالة خلط غازين أحدهما ضغطه أعلى من ضغط الآخر فإن تساوى الضغط بين الغازين يكون أسرع من أجراء المزج بينهما لأن موجة الضغط تنتشر بسرعة انتقال الصوت فى كل منهما.

يتوقف على ① سرعة دوران قلب الشاحن
② درجة حرارة الغازات الداخلة له.

انواع الشاحن الميكانيكى أو انواع الضواغط فى الشاحن الميكانيكى

1- Centrifugal supercharger or compressor

2- Root supercharger or compressor

3- Screw supercharger or compressor

(5)

عيوب الشواحن

Supercharger , Turbocharger

وزنه خفيف

تأخذ القدره اللازمه لادارة الضاغط من غازات العادم

(عيوبه)

① لازم نفتح صمام العادم مبكراً كما شرحنا سابقاً

② عند بداية التشغيل يكون ال Load سرعته منخفضه فلا يستطيع التشغيل .

* مشكلة الضاغط

* الضغط الذى داخل الضاغط اعلى من الضغط المطلوب لذا ندخله خرج الضاغط على حجم بحيث نضبط الضغط عند حد معين أو نعمل للضاغط by Pass حيث نفتح لما الضغط يزيد عن حد معين وفى هذه الحالة نسمح لكمية هواء بالمرور للمحرك بدون ضغطها فى الضاغط .

* مشكلة التربينة

① نعمل حيث للماكنه الواحده بعض يوجد بها

Super charger + Turbocharger

كما فى الشكل فى الصفحه التاليه

② نعمل رشيد توجيه للتربينه بحيث يغير فى زوايا رشيد التوجيه على حسب الضغط فى حجم السحب .

* مميزات وعيوب الشاحن التوربينى

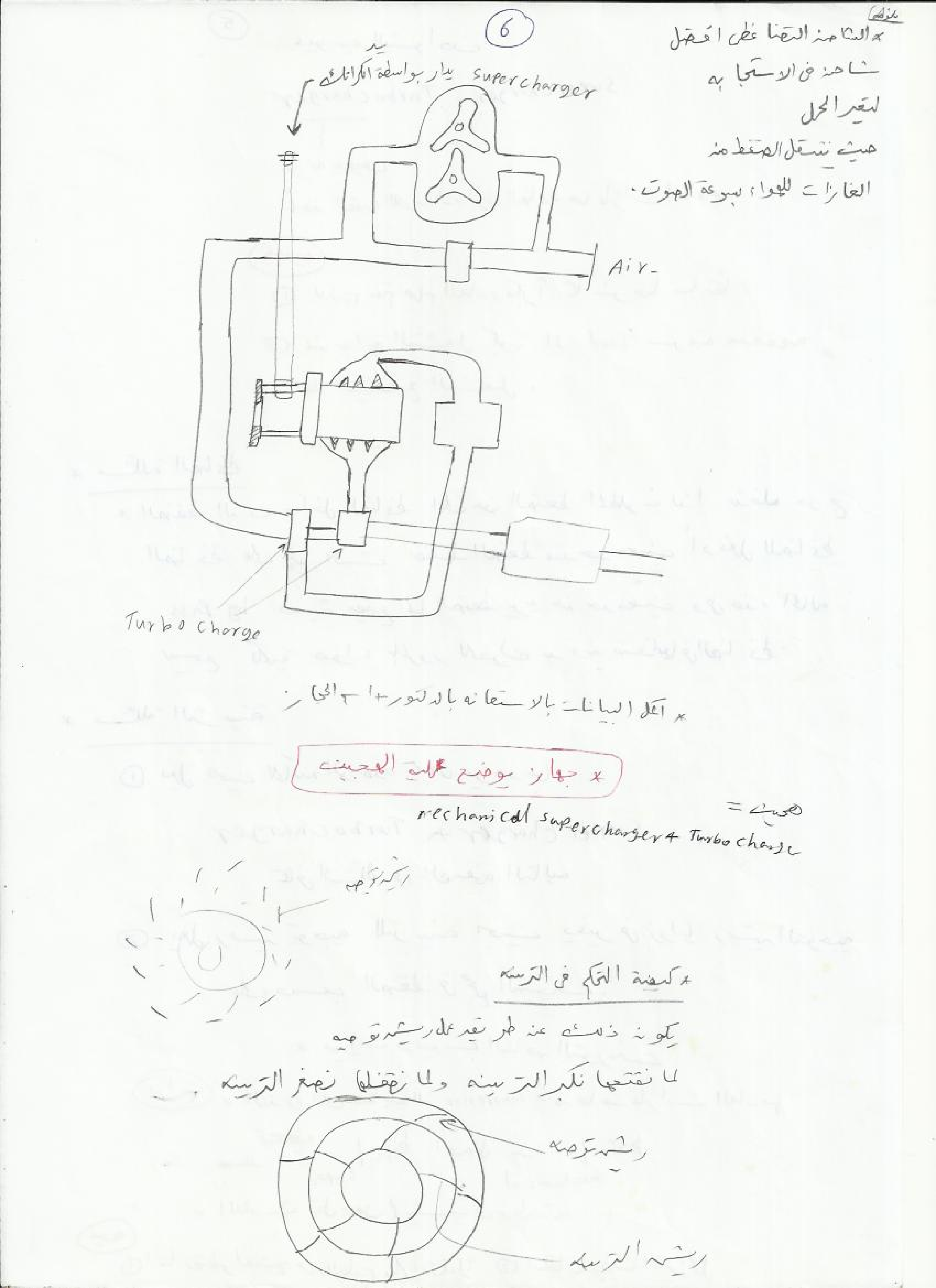
(مميزات) * القدرة اللى محتاجها ال compressor تأخذها من غازات العادم

bsfc | mechanical افضل من bsfc | super

* التلوث يقل بعض ما يتسبب فى زيادته

(عيوبه)

① انا مضطر لفتح صمام العادم مبكراً قليلاً ② استجابه بطيئة لتغير الحمل



(6)
* الشاحنة التضاغط أفضل شاحن في الاستجابة لتغير الحمل حيث ينتقل الضغط من الغازات للهواء بسرعة الصوت.
يدار بواسطة الكرانك
supercharger
Air
Turbo charge
* أكمل البيانات بالاستعانة بالدكتور + اسم الجهاز
* جهاز يوضح عملية الهجين
هجين = mechanical supercharger + Turbo charge
ريشة توجيه
* كيفية التحكم في التربينة
يكون ذلك عن طريق تعديل ريشة توجيه
لما نفتحها نكبر التربينة ولما نقفلها نصغر التربينة
ريشة توجيه
ريشة التربينة

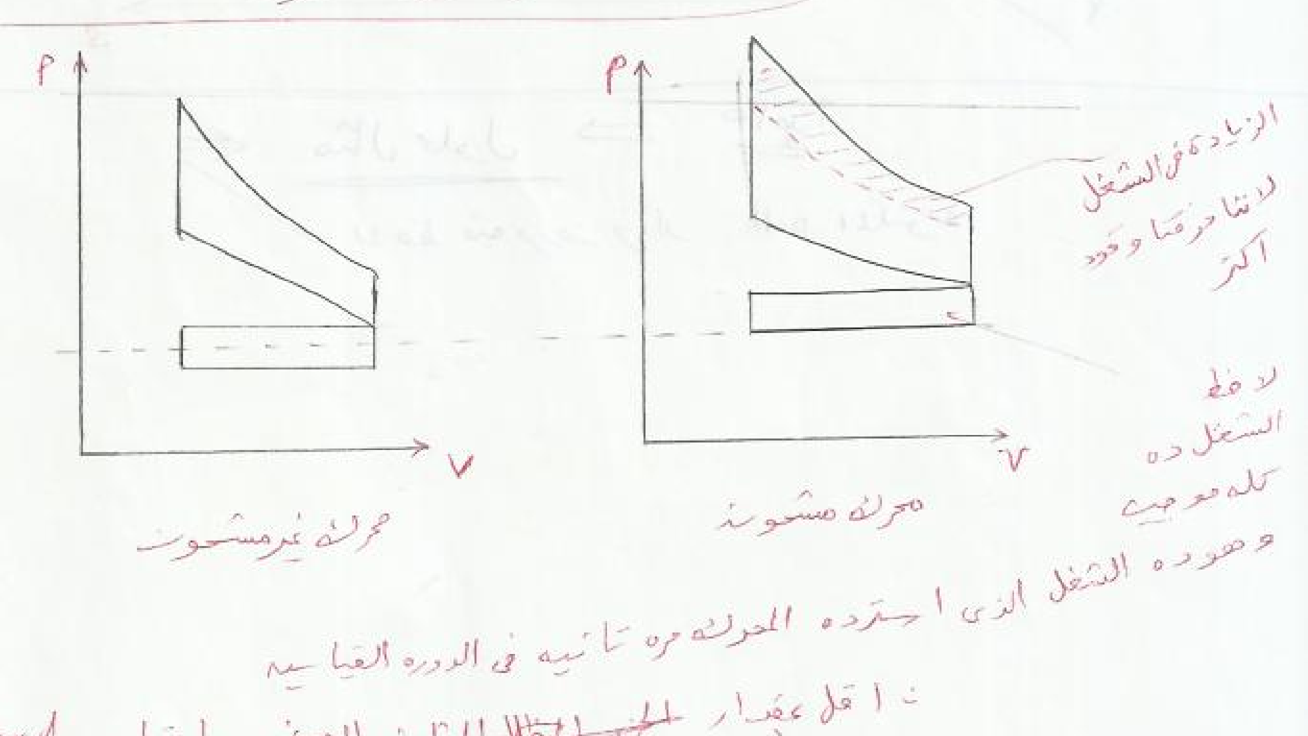
الشغل المطلوب لإدارة الضاغط

المساحة 0-7-8-1 ← تمثل الشغل المطلوب لإدارة الشاحن

المساحة 0-7-6-1 ← تمثل الشغل المنقول من الضاغط للهواء يعني الشغل اللى المحرك استرده تانى

المساحة 8-6-1 ← تمثل صافي الشغل المطلوب للضاغط

مقارنة بين دورتين لنفس المحرك ولكن احدها مشحونة والاخر غير مشحونة



: اقل مقدار ~~الجز~~ الشغل المثلث الصغير باعتبار Air-standard

: هو لا تفيد في القياسية حيث لا يوجد وقود

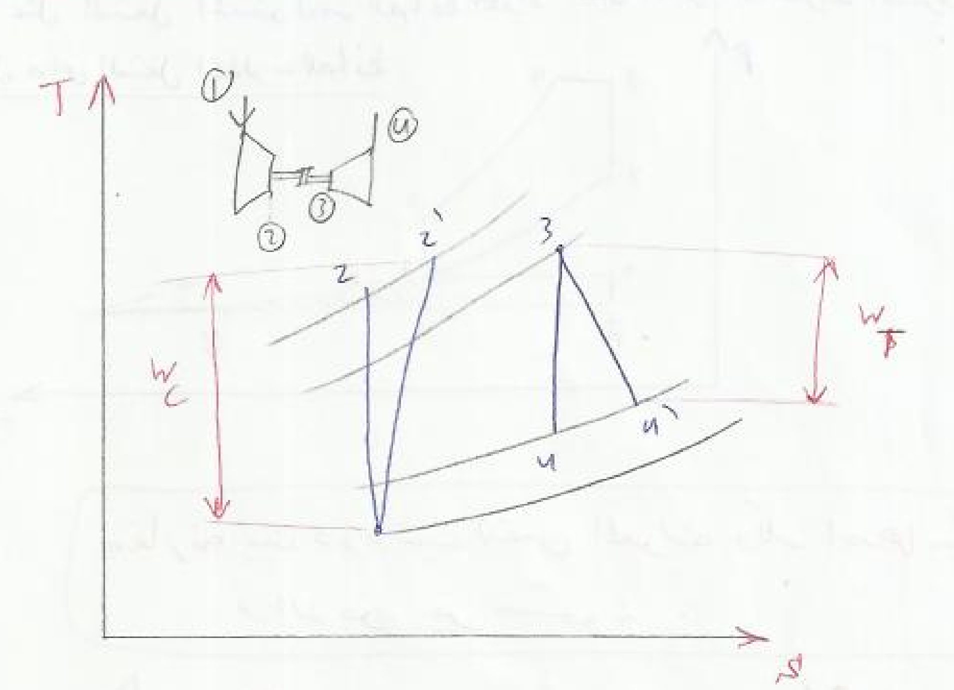
* يوجد شغل مستفاد كما وضحنا الآن لو كانت دورة Air-fuel cycle

~~بحيث~~ حيث ندخل هواء اكتر فيزداد امكانية حرقه و وقود اكتر

بينما لو اعتبرناها دورة هواء قياسية فهذا لن يفيد حيث

لا يوجد وقود أصلاً .

القدرة المطلوبة لإدارة الضاغط



ها
راجع الكتاب
ص ١٠٣ / ١٠٤
لمراجعة القوانين
الخاصة بهذا الرسم.

هام جداً ⟸ **مثال محلول** ⟸

لاحظ فيه فروض في ال Data المكتوبة.

(1)

محاضرة (7)
د/ عوض رشاد
AlAqsA is our goal.
6- Pages

ملاحظات الامتحان

* عدم الحل بالرصاص
* الاجابه من اليمين لليسار
* لابد نكتب القانون اولاً ثم نحدد المعلوم والمجهول ونبدأ نحسب المجهول
* لابد نكتب القوانين وكذلك نكتب التعويض في القوانين ولانحسب الاجابة مباشرة.

مقارنه بين الشحن الجبرى لمحرك ديزل وبنزين

(ملحوظه)

ما ينفعش نشحن محرك البنزين بنفس النسبه التى نشحن فى محرك الديزل لأن درجة حرارة وضغط بدايه الانضغاط ستزداد مما يؤدى لحدوث صفع

[1] الشحن الجبرى لمحرك بنزين

* استخدام الشحن الجبرى للمحركات يؤدى إلى ارتفاع ضغط ودرجة حرارة بداية اجراء الانضغاط مما يؤدى بالنسبه لمحركات الاشعال بالشرر إلى زيادة سرعة انتشار موجة اللهب وخفض زمن عطلة الاشتعال للوقود مما يترتب عليه زيادة احتمال حدوث الصفع لذلك
* يقتصر استخدام عملية الشحن لمحركات البنزين على محركات الطائرات والسيارات التى تتطلب تشغيلها فى المناطق عالية الارتفاع عن سطح البحر وذلك لانخفاض الضغط الجوى كلما ارتفعنا لأعلى

⇐ "يعنى نشحنه أى نرفع ضغطه كما لو كان ضغط الدخول مساوياً للضغط الجوى" ⇐

"كيف نقلل امكانيات حدوث صفع"

طرق تشحين محرك البنزين ثلاثة طرق:

[1] خفض نسبة الانضغاط بالتالى خفض امكانية حدوث صفع
[2] نشتغل بوقود رقم اوكتان عالى
[3] تقليل درجة الحراره عن طريق استخدام مبرد هواء
[4] استخدام الاشعال الالكترونى
(5) دوران المحرك بنسب انضغاط مختلفه (VCR) التى سندرسها فى الباب الاخر

2

كيف تعرف المحركات الحديثة ؟

* لاحظ فى المحركات القديمة كان يتم تشحين على الهواء والوقود أثناء خلطهما فى الكاربراتير بينما فى المحركات الحديثة يتم عمل تشحين على الهواء الداخل للكاربراتير فقط لأننا نستخدم الحقن الالكترونى.

2 الشحن الجبرى لمحركات الاشتعال بالانضغاط (ديزل)

* على عكس محركات البنزين فإن عملية الشحن الجبرى لمحركات الديزل تحسن من إجراء الحريق حيث يؤدى ارتفاع درجة الحرارة والضغط فى بداية اجراء الانضغاط إلى قصر فترة عطلة الاشتعال وهذا يؤدى إلى تحسين مقاومة المحرك للدق

* بالتالى يمكننا من استخدام وقود ردئ ورخيص للمحرك دون حدوث دق

* هل دائما نستخدم مبرد بعد الضاغط؟

يلزم اضافة مبرد بعد الضاغط فى حالة المبالغة فى الشحن

أثر الشحن الجبرى على أداء محرك ديزل

سؤال على هذه الرسمة
يجب مراجعة الدكتور فيه

هل هذه الرسمة محرك ميكانيكى أم جبرى ؟

Torque
Torque
Horsepower
Fuel consumption
Fuel consumption
Horsepower
engine speed

لاحظ فى حالة الشاحن القدرة زادت والعزم زاد ولكن قل استهلاك الوقود

منحنيات الأداء لمحرك بشاحن (خط منقط) وبدون شاحن

الكسح في المحركات الثنائية

* هل المحركات الثنائية ليس من الممكن تشحينها أم أنها مشحنه دائماً ؟

نعم، المحركات الثنائية مشحنه دائماً لأنه اثناء شوط التمدد الكباس يرفع ضغط الشحنة.

ينقل المحاضرة من الكتاب ص 106 — 107 + رسم ص 108

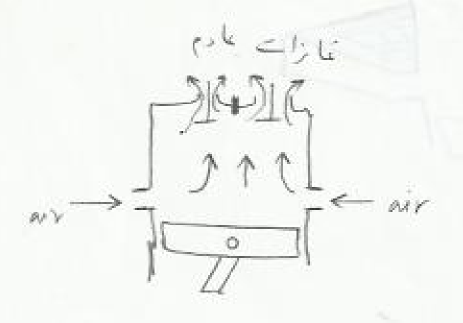
هام جداً

هام جداً جداً

أساليب الكسح

① كسح السريان المتعامد Cross flow.

② كسح السريان وحيد الاتجاه Uniform flow



Uniform flow

* الهواء يدخل ويطرد العادم من فتحات اسفل الاسطوانة

غازات عادم

الشحنة تدخل من فتحة الدخول وتغير اتجاهها لطرد غازات العادم علشان كده سنلاحظ انه يتم طرد جزء من الشحنة مع غازات العادم كما في حالة الموتوسيكل

حركة الهواء داخل الاسطوانة متعامدة مع اتجاه دخول الهواء واتجاه خروج غازات العادم

أنواع المحركات ثنائية الأشواط

المحركات الثنائية الأشواط

محركات ذات كسح عبر علبة المرفق

ميزاته

* بساطة التركيب

عيوبها

* تستخدم فقط في التطبيقات الصغيره نظراً لـ انخفاض الكفاءه الحجميه لها وكذلك انخفاض الضغط المتوسط الفعال

محركات ذات كسح منفصل

* يستخدم منفاخ blower لضخ الشحنه ويستمد الطاقه اللازمه لإدارته من المحرك نفسه أو من مصدر خارجي

Air

exhaust valves

Blower
منفاخ
لعمل الشحنة

* التعريفات الأساسية لعملية الكسح

١- نسبة التسليم (R_d) delivery Ratio

هو النسبه بين كمية الهواء في محرك الديزل أو كمية الشحنه في محرك بنزين الفعليه m_i الداخله للمحرك وكمية الهواء أو الشحنه المرجعيه m_{ref} التي تشغل حجم الشوط (V_s) للمحرك عند ضغط ودرجة حرارة الهواء المحيط

* لاحظ ان هذا التعريف هو نفسه تعريف الكفاءة الحجميه للمحرك رباعي الأشواط.

$$R_d = \frac{\text{mass of fresh charge delivered per cycle } (m_i)}{\text{refrence mass } (m_{ref})}$$

$$m_{ref} = V_s \, \rho_{ref}$$

$$\rho_{ref} \longrightarrow \text{at } P_{atm} , T_{atm}$$

* لاحظ أنه R_d لابد تكون اكبر من الواحد الصحيح بسبب الضاغط

* لاحظ ان الجزئيات في كل الحالات

٢- نسبة الكسح scavenging , R_{sc}

هي النسبه بين معدل تدفق الهواء أو الشحنه m_i الفعليه الداخله للمحرك ومعدل تدفق الهواء أو الشحنه m_{ideal} النظريه التي تشغل حجم الاسطوانه عند ضغط خروج غازات العادم ودرجة حرارة دخول الهواء أو الشحنه إلى المحرك

$$R_{sc} = \frac{m_i}{m_{ideal}}$$

* لاحظ المقام عند ضغط غازات العادم ودرجة حرارة الشحنه اللي داخله لأن الخلط لحيز به ضغط كبير وضغط صغير فإن الحيز يأخذ قيمة الضغط الكبير

$$\dot{m}_{ideal} = \rho V n$$

ضغط غازات العادم

$$\rho_{air} = \frac{P_{ex}}{R T_1} = \frac{P_e \mathcal{M}_i}{R_{mole} T_1} \quad \text{where} \quad R = \frac{R_{mole}}{\mathcal{M}_i}$$

حيث ρ : الكثافة عند درجة الحرارة للدخول للمحرك وضغط غازات العادم
V : الحجم الكلي للاسطوانه
P_e : ضغط كسح غازات العادم
n : سرعة دوران المحرك الثنائي
$\mathcal{M}$: الوزن الجزيئي للهواء أو الشحنة الداخلة للمحرك

$$\mathcal{M}_i = \frac{m_i}{N_i} = \frac{m_{air} + m_{fuel}}{N_{air} + N_{fuel}} = \frac{m_{air}\left(1 + \frac{m_{fuel}}{m_{air}}\right)}{N_{air}\left(1 + \frac{N_{fuel}}{N_i}\right)} = \frac{29\left(1 + \frac{m_{fuel}}{m_{air}}\right)}{\left(1 + \frac{N_{fuel}}{N_i}\right)}$$

$$\mathcal{M}_{air} = \frac{m_{air}}{N_{air}} = 29 = M_{air}$$

$$F = \frac{m_{fuel}}{m_{air}}$$

$$\frac{N_{fuel}}{N_{air}} = \frac{m_{fuel}}{M_{fuel}} * \frac{M_{air}}{m_{air}} = \frac{29}{M_{fuel}} \frac{m_{fuel}}{m_{air}} = \frac{29}{M_{fuel}} F$$

$$\therefore \mathcal{M}_i = \frac{29(1+f)}{\left(1 + \frac{N_{fuel}}{N_i}\right)} = \frac{29(1+f)}{\left(1 + f\frac{29}{\mathcal{M}_f}\right)}$$

$$V = V_c + V_s = \frac{V_s}{r-1} + V_s = \left(\frac{1}{r-1} + 1\right)V_s = \left(\frac{r}{r-1}\right) A_p L_{st}$$

$$\therefore \dot{m}_{ideal} = \frac{P_e \mathcal{M}_i}{R_{mole} T_1} V n$$

$$\therefore R_{sc} = \frac{\dot{m}_i}{\dot{m}_{ideal}}$$

نسبة الكسح

$\therefore R_{sc}$

$$\therefore R_{sc} = \frac{m_i}{\frac{P_e M_i}{R_{mole} T_i} V_h n} = \frac{m_i R_{mole} T_i}{P_e M_i \left(\frac{r}{r-1}\right) A_p L_{st} n}$$

اكمل الاثبات ص 110

هذا الاثبات مهم

Trapping efficiency, η_{tr} كفاءة الاحتفاظ بالشحنة (كفاءة الامتلاء)

اثناء عملية الكسح تخرج كمية من الشحنة مع غازات العادم المطرودة من المحرك إلى خارج الاسطوانة و يعبر مصطلح كفاءة الاحتفاظ عن نسبة كتلة الشحنة الباقية داخل الاسطوانة بعد الكسح إلى الكتلة الداخلة لاسطوانة المحرك

~~$\eta_{tr} = \frac{m_i'}{m_{actual}}$~~ $\eta_{tr} = \frac{m_i'}{m_i}$

charging efficiency, η_{ch} كفاءة الشحن

هي النسبة بين الشحنة الباقية داخل اسطوانة المحرك الى الكتلة المرجعية.

$$\eta_{ch} = \frac{m_i'}{m_{ref}} \xrightarrow{\text{بالضرب } \frac{m_i}{m_i}} \therefore \eta_{ch} = \frac{m_i'}{m_i} * \frac{m_i}{m_{ref}} = \eta_{tr} \, R_d$$

نسبة التسليم

$$\therefore \eta_{ch} = \eta_{tr} \, R_d$$

#

محاضرة 8
د/ عوض رشاد
.AlAqsA is our goal.
4-Pages

"إنبعاثات المحرك وتلوث الهواء"

Engine emission and air pollution

أضرارها - أسباب وجودها - أساليب قياس نسب كل منها - معالجة كلاً منها

أساليب تخفيضها.

* الفرق بين المعالجة والتخفيض ← المعالجة ← تتم بعد خروجها من المحرك

التخفيض ← تقليل خروجها من المحرك

تركيب غازات العادم

1- CO_2 ثاني أكسيد كربون	2- CO أول أكسيد كربون
3- N_2	4- H_2O بخار الماء
5- UBHC هيدروكربونات غير محترقة (← تنتج من احتراق غير تام، تسرب أثناء النقل، تسرب في الخزان، ذوبان في الزيت)	6- NOx (NO, NO_2) أكاسيد النيتروجين
7- Soot ذرات الكربون (الهباب) العالقة	8- lead مركبات الرصاص
9- sulfur مركبات الكبريت	10- Aldehydes مركبات الألدهيد

(ثاني أكسيد الكربون)

1- يتسبب في ظاهرة الاحتباس الحراري

2- ينتج عن حرق أي وقود هيدروكربوني

3- الاحتراق المثالي هو الاحتراق الذي يتم فيه حرق الكربون بالكامل وتحويله لـ CO_2 وبالتالي لا يمكن خفض نسب وجود CO_2 في غازات عادم المحرك

4- تخفيض كمية الكتل المتصاعدة منه إلى الغلاف الجوي تتطلب تحقيق أكبر استفادة من الحريق في انتاج قدرة

يعني 100 جم ← 100 hp

يصبحوا ← 90 جم ← 100 hp

ملحوظة: محرك الديزل كفاءته أعلى من البنزين.

(أول أكسيد الكربون)

أضراره: يتحد مع الهيموجلوبين في الدم ويعوق وصول الأكسجين إلى خلايا الجسم ويؤدي استنشاق هواء ملوث بنسبة ٥٪ بالحجم لمدة تقرب من الساعة إلى الوفاة

أسباب وجوده:

فيكون بصورة كبيرة في محرك البنزين للأسباب الآتية :-

1. عدم تجانس الخليط
2. التفكك
3. حالة تشغيل المحرك (A/F)

أسباب وجوده في محركات الديزل:

1. (التفكك فقط) ويمكن اهماله.

* أي من المحركات تنبعث منه نسب أعلى من أول أكسيد الكربون ولماذا ؟

(الهيدروكربونات غير المحترقة (UBHC))

أضراره ← 1. تسبب التهاب الجلد
2. تهيج الأغشية المخاطية
3. حساسية العين
4. بعضها يسبب السرطان

أسباب وجوده بمحرك الاشتعال بالشرر:

1. عدم تجانس الخليط
2. حالة تشغيل المحرك
3. وجود أسطح باردة تؤدي لانطفاء جبهة اللهب
4. وجود مناطق لا تصل إليها جبهة اللهب بين الشنابر العلوية وجدار الاسطوانة وكذلك في أركان الاسطوانة
5. الترسبات على جدران الاسطوانة
6. فشل الاشتعال في بعض الدورات
7. التسرب عبر الخلوص بين صمام العادم وقاعدته
8. فترة تداخل فتح الصمامات (over lap)

أسباب وجوده في محرك الاشتعال بالضغط:

1. الترسبات على جدران الاسطوانة.
2. التسرب عبر الخلوص بين الصمام وقاعدته.
3. أثناء فترة تداخل فتح الصمامات

أي المحركات تنبعث منه نسب أعلى من HC ولماذا ؟

محرك البنزين أعلى

أكاسيد النيتروجين

أضرارها /

١- هي أكاسيد سامة تؤدي التنفس بهواء ملوث بنسبة ٦٪ بالحجم لمدة نصف ساعة تقريباً إلى الوفاة

٢- تتفاعل مع بخار الماء الموجود بالجو منتجاً حمض النيتريك وهو ضار بالحياه النباتيه عن طريق تساقط الأمطار الحامضية

٣- يساهم في تكوين smog الذي يتكون من تفاعل No الناتج أثناء اختزال No_2 مع الهيدروكربون الموجود في الهواء الجوي

$$No_2 + sunlight \longrightarrow No + O + smog$$

smog / هي كلمة مركبه من smok + fog (دخان، ضباب)

ويتسبب في حجب الرؤيه على الطرق

٤- تتفاعل ذرة الأكسجين (الناتجه من اختزال No_2) مع جزيء الأكسجين في الهواء الجوي منتجة غاز الأوزون الذي له أضرار عديدة على الرئة للإنسان كذلك يضر بالمحاصيل الزراعية.

أسباب وجود الأكاسيد النيتروجينية (العوامل التي تتوقف عليها)

1. درجة حرارة مرتفعة،
2. وجود الكسجين زيادة.
3. وقت كافي للتفاعل.

أيا من المحركات ينبعث منه نسب أعلى من الأكاسيد النيتروجينية ؟

هي عملية نسبيه حيث في بنزين درجة الحراره مرتفعه وفي ديزل الأكسجين زيادة وأما الوقت الكافي للتفاعل فيزداد كلما قلت سرعة المحرك وحالياً تمكن انتاج محرك ديزل بسرعه عاليه عما كانت قبل 10 سنوات وهكذا لا نستطيع تحديد أيها أعلى.

ذرات الكربون العالقة (الهباب) soot

أضرارها: حجب الرؤية على الطرق

أسباب وجودها/

في درجات الحرارة المرتفعة وفي ندرة الأكسجين تتفكك جزيئات الوقود إلى جزيئات أخف ويستمر هذا التفكك بشكل متتالي إلى أن نصل لذرات كربون نقي (soot)

* تتكون في محركات الديزل عند الأحمال المرتفعة وفي حالة تلف منظومات الوقود بمعنى حدوث تسريب في الرشاشة

* لا يوجد soot في محركات البنزين مطلقاً

مركبات الكبريت Sulfur

أضرارها/ تآكل أسطح الكباس والاسطوانة وتساقط الأمطار الحامضية

أسباب وجودها/

تفاعل الكبريت الموجود في الوقود في درجات الحرارة المرتفعة داخل اسطوانة الاحتراق مع الأكسجين منتجاً ثاني أكسيد الكبريت فيتحد مع الأكسجين الموجود في الهواء وينتج ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) الذي يتفاعل مع بخار الماء في الهواء الجوي ويكون الأمطار الحامضية.

* يكاد يكون كل المحركات الحديثة ليس بها كبريت مطلقاً.

مركبات الرصاص Lead

أضرارها/ يصيب الجهاز العصبي للإنسان وخاصة للأطفال حيث قد يصابوا بالتخلف العقلي

سبب وجوده/ توجد مركبات الرصاص في غازات العادم في محركات البنزين حيث يستخدم مركبات الرصاص في تحسين خواص الوقود ورفع رقم الاوكتان له.

مركبات الألدهيد

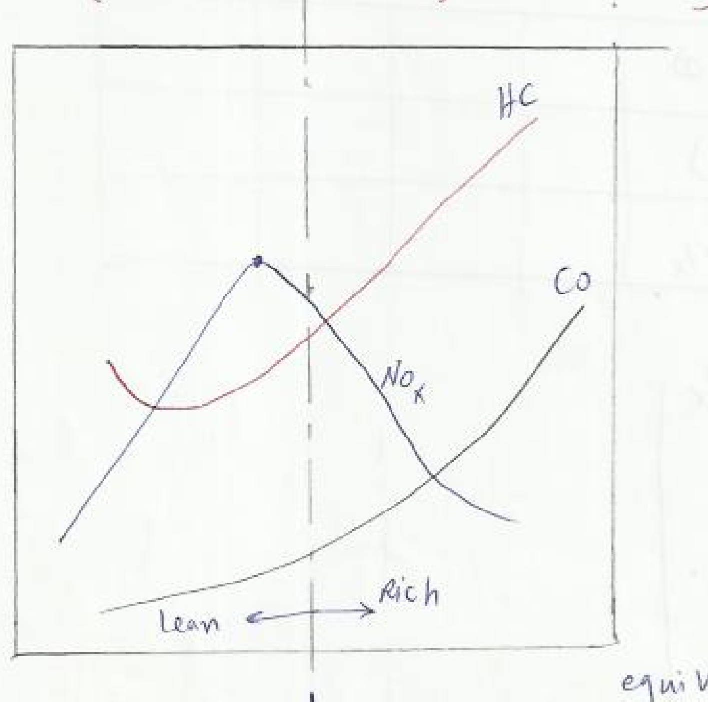
تظهر في محركات البنزين فقط

تظهر في كل المحركات بنسب ضئيلة في غازات العادم وتزداد عند استخدام الكحول الايثيلي (الايثانول) أو خليط منه مع الوقود التقليدي **أضرارها** له أضرار على الجهاز التنفسي

لماذا استخدم الايثانول في المحركات؟ لتحسين رقم الاوكتان

محاضرة ⑨
د/عوض رشاد
- AlAqsA is our goal -
⇒ 9 - pages ⇐

أثر نسبة الهواء إلى الوقود على نسب مكونات غازات العادم .

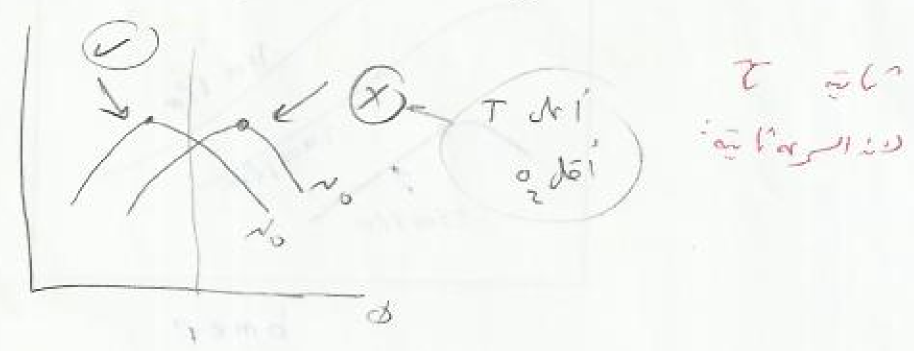


equivalence ratio (ϕ)

* تزيد نسبة أول أكسيد الكربون في غازات عادم محركات اشتعال بالشرر بزيادة قوة الخليط لانه بزيادة الوقود يزداد الكربون

* كلما ضعف الخليط تقل نسبة HC ولكن اذا ضعف جداً تزداد نسبة HC بسبب زيادة عدد دورات فشل الاشتعال

* تركيز NO كان من المفترض يكون في slightly Rich حيث فيها درجة حرارة أعلى ولكن نجد ان الجدار (الاكسجين) قل لذا يكون اعلى نسبة NO عند slightly lean لانه بها O_2 متوفر ودرجة الحرارة مرتفعة نسبياً



ملاحظة لانه السرعة ثابتة

②

في الامتحان ربما يطلب الرسم السابق مع λ وليس Φ

الحل

Φ					
λ					
NO_x					

NO_x

Rich ⟷ lean

1

$\lambda = \frac{1}{\phi}$

أكمل الرسم

$\frac{NO_2}{NO_x}$

1000 rpm

2400 rpm

2800 rpm

bmep

لاحظ انها تزيد لما السرعة تقل لأن الوقت الكافي للتفاعل يزيد كل ما تقل السرعة.

نسبة $\frac{NO_2}{NO_x}$ كدالة في حمل وسرعة المحرك

(3)

* لاحظ في البنزين يكون NO صغير جداً وعليه إهماله بينما في الديزل تصل نسبته لـ 30% لذا لا يمكن إهماله.

امتحان

1, 2 أثر الـ m.e.p على الـ NO_x ؟

1, 2 أثر الحمل على NO_x ؟

NO_x

m.e.p

قياس نسب مكونات غازات العادم

CO, CO_2, HC, NO_x, soot

* قياس نسبة أول وثاني أكسيد الكربون

تستخدم أجهزة الأشعة تحت الحمراء في قياس CO ، CO_2 في غازات العادم الجافة وتنقسم الاجهزة إلى نوعين

* جهاز الأشعة تحت الحمراء الغير مشتتة

Non Dispersive in fra red (NDIR)

* جهاز محور فورير للأشعة تحت الحمراء

* جهاز الاشعه فوق الحمراء الغير مشتتة (NDIR)

نظرية عمله/ ان اى غاز يتكون من ذرات مختلفة يمتص جزء من الاشعه تحت الحمراء يعني امتصاص اطوال موجيه محدده من حزمة الاشعة تحت الحمراء

مثال ← O_2 ← لا يمتص ذرتين متشابهتين — CO ← يمتص

motor

(قرص دوار) قرص به ثقوب للتحكم فى كميه الاشعه التى تسقط على حسب هل المحرك صغير أم كبير

فلتر ← CO_2 — CO_2 → فلتر

Reference Cell → N_2

شفافة → ← flue gases → flue gases

CO — CO

نضع هنا الغاز المراد قياس نسبته → Chamber (B) — Chamber (A) — Ampilifier

جهاز قياس نسبة CO

~~لا~~ نظراً لتداخل الطاقه التى يمتصها CO مع CO_2 فإننا اذا كنا نقيس CO لابد نضع CO_2 فى الفلتر حتى نحصل على قراءه صحيحه وبالمثل لو نقيس CO_2 بالتالى لابد نضع CO فى الفلتر

(امتحان) ارسم جهاز قياس نسبة CO_2

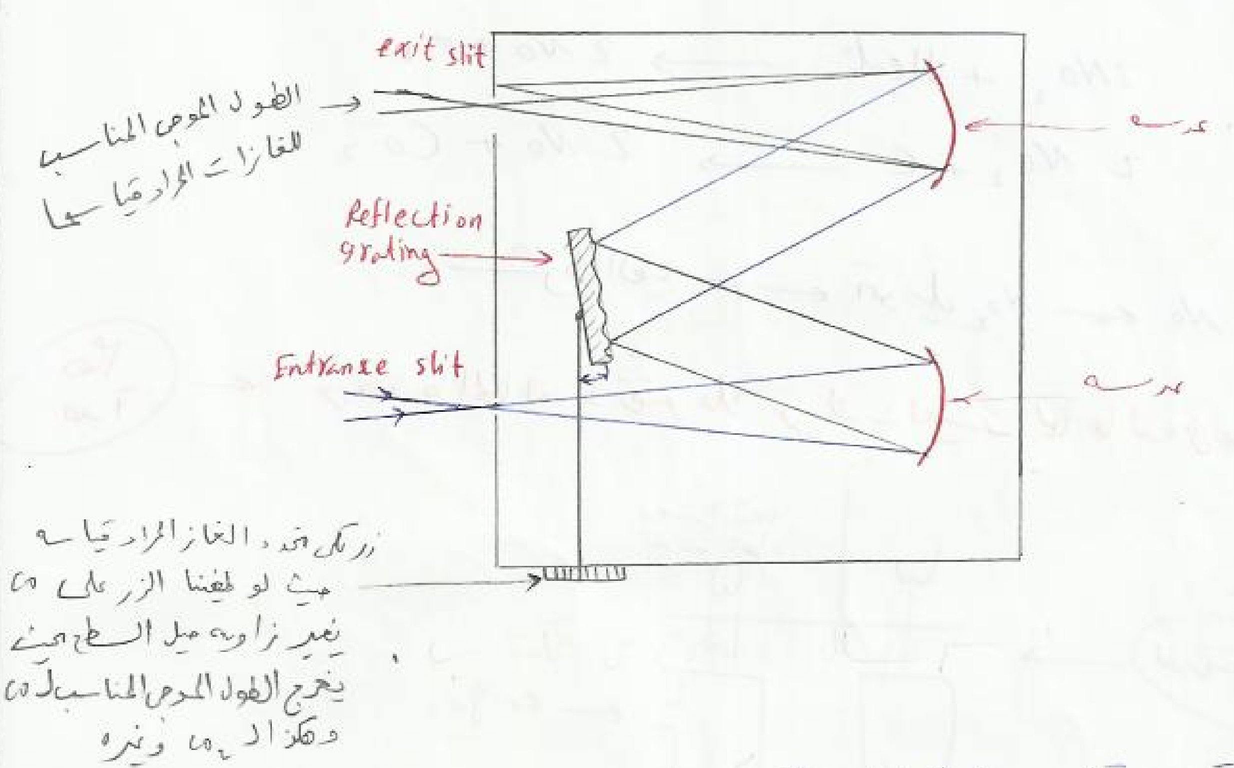
نرسم نفس الجهاز السابق ولكن نضع فى الفلتر CO

ونضع فى الـ Chamber A, B ← CO_2

* لاحظ اننا نضع N_2 في الـ Refrence cell لاننا لو سمحنا له بالمرور عبر الهواء فقد يكون الهواء به CO ، CO_2 بالتالي يمتص جزء من الاشعة مما يؤدي لخطأ في القراءة .

* هذا الجهاز يستخدم لقياس كل مكونات غاز العادم .

* فاصل الموجات الضوئية



وقد يستخدم هذا الجهاز بدلاً من الفلتر الذي كان في جهاز (NDIR)

* كلا الجهازين يستطيعوا قياس أغلب مكونات غازات العادم فبالإضافة لـ CO_2 ، CO فيمكنهما قياس NO ، HC وغيرها ماعدا NO_2 نظراً لتداخل الطاقة التي يمتصها NO_2 مع بخار الماء

فيجب تزيل جزء بخار الماء الذي يمكن ممكن يتكثف ويعمل انكسار للأشعة ولكننا لا نستطيع إزالة كل بخار الماء .

قياس أكاسيد النيتروجين NO_x

١- استخدام أجهزة امتصاص الأشعة تحت الحمراء

تستخدم هذه الأجهزة في قياس القيمة الاجمالية لـ NO_x بشرط تحويل NO_2 إلى NO حيث لاجراء هذا التحويل لابد يمر غازات العادم على انبوبة درجة حرارتها مرتفعة وبها كربون ~~فالبالتالي~~ بالتالي ~~يقوم الكربون بعمل ... كاملة~~

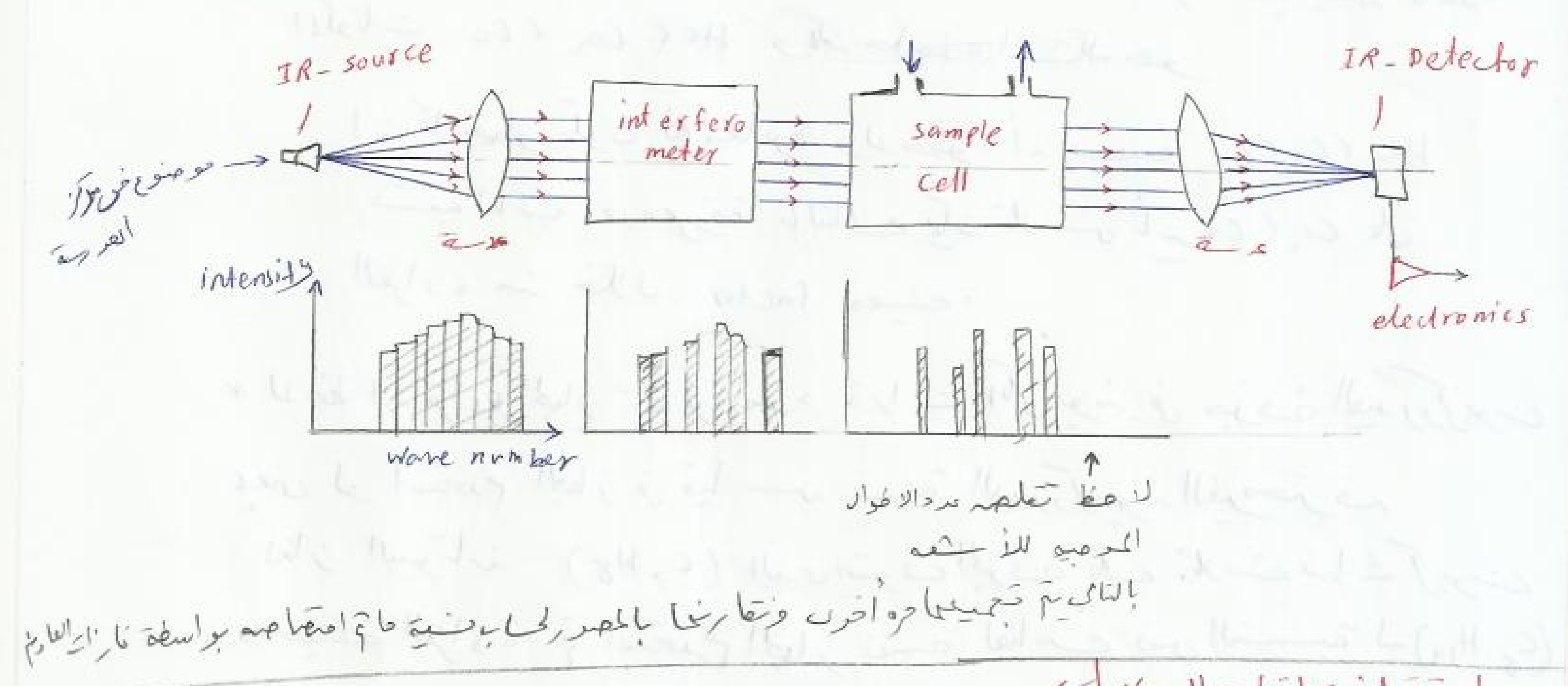
$$2NO_2 + Heat \longrightarrow 2NO + O_2$$

$$2NO_2 + C \longrightarrow 2NO + CO_2$$

∴ شرط القياس ← تحويل NO_2 ← NO تماماً

(هام جداً) ← في هذه الحالة لا تضع فلاتر لانه ليس لها فائدة في هذه الحالة

جهاز الاشعه فوق الحمراء (محوله فورير) (FTIR)



بالتالي يتم تجميعها مره اخرى ومقارنتها بالمصدر لحساب نسبة ما تم امتصاصه بواسطة غازات العادم

طريقة اخرى لقياس الـ NO_x

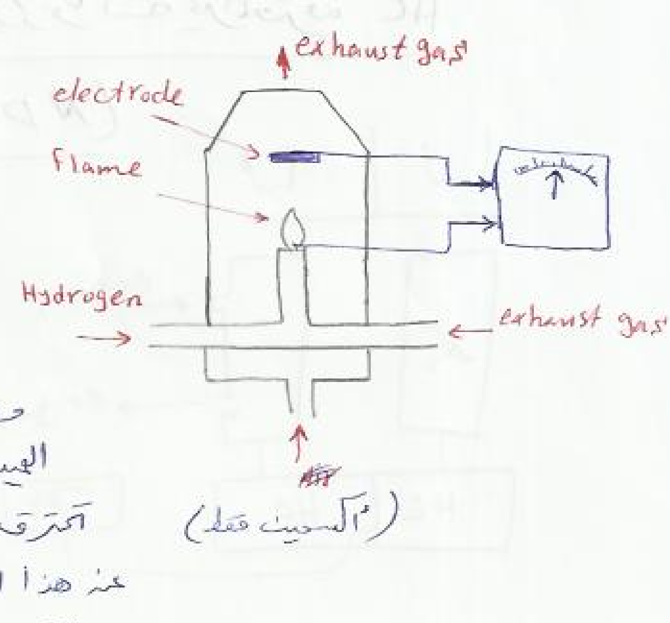
أسلوب الضوء المتلألئ

يمكن قياس NO_x أيضاً بعد تحويل NO_2 إلى NO بواسطة تجربة الضوء المتلألئ وهو تفاعل كيميائي ينتج عنه ضوء متلألئ حيث يتفاعل أكسيد النيتروجين NO مع الأوزون O_3 منتجاً ثاني أكسيد النيتروجين وكميه من الضوء تتناسب مع معدل تصرف أكسيد النيتروجين

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2 + light$$

قياس الهيدروكربونات الغير المحترقة

حيث نحل حريق لا ينتج عنه أيونات HC والحريق المناسب لذلك هو حريق الهيدروجين وهذا الحريق يمثل أحد قطبين دائرة كهربية بالتالي لا يسجل مؤشر الجهاز مرور اى تيار كهربي في حال عدم وجود غازات عادم وعند السماح لغازات العادم المحتوية على نسبة من الهيدروكربونات غير المحترقة بالمرور مع الهيدروجين فإنها تحترق في درجة الحراره المرتفعه للهب الهيدروجين وينتج عن هذا الاحتراق لغازات العادم أيونات بالتالي يسجل المؤشر مرور تيار كهربي يتناسب شدة التيار مع تركيز الـ HC.



ملاحظة

ولكن سيخرج من حريقة HC ← CO_2 ، CO بالتالي الجهاز سيقيس كل هذه المكونات CO ، CO_2 ، HC ولكن حل هذه المشكلة هو

ان كل جهاز يكون له معايرة ولاحظوا أن نسبة CO ، CO_2 ، HC نسب ثابتة ومعروفة بالتالي يمكن تلاشي تأثير CO ، CO_2 على القراءة من خلال factor معين.

* لاحظ ان قراءة الجهاز تتأثر بعدد ذرات الكربون في جزيئ الهيدروكربون يعني لو استخدم الجهاز في قياس نسبة الهيدروكربون الغير محترقة لغاز البيوتان (C_3H_8) الذي يحتوي الجزيئ على ثلاث ذرات كربون وسجلت القراءة ثم استخدم الجهاز نفسه لقياس نفس النسبة لـ (C_6H_{14}) بالتالي فإن الجهاز سوف يسجل ضعف القراءة الأولى لأن عدد ذرات الكربون في جزيئ (C_6H_{14}) عبارة عن 6 ذرات وهي ضعف ~~C_3H_8~~ ما يوجد في (C_3H_8).

∴ كل هيدروكربون سيحتاج الجهاز ولكن يمكن نستخدم نفس الجهاز بشرط نعمل تعديل للقراءة على حسب نسبة ذرات الكربون.

---

* طريقة أخرى لقياس الهيدروكربونات غير المحترقة HC

⇐ استخدام (NDIR)

N_2

ex.gas

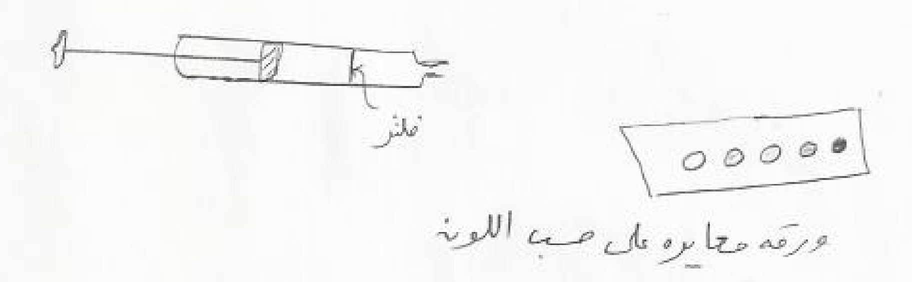
ex.gas

HC HC

قياس نسبة الهباب (حبيبات الكربون العالقة)

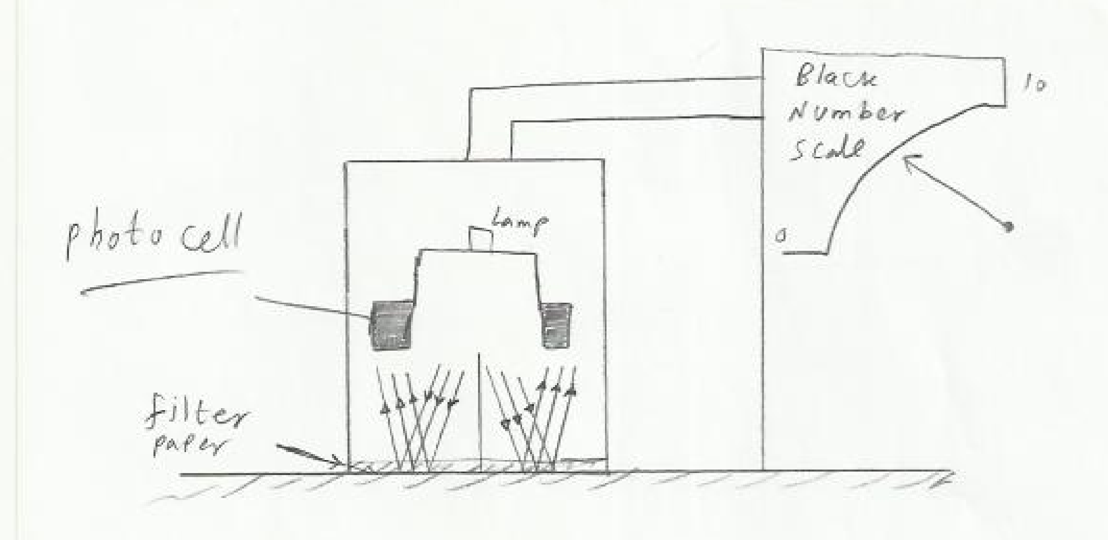
① مقياس الهباب اليدوى

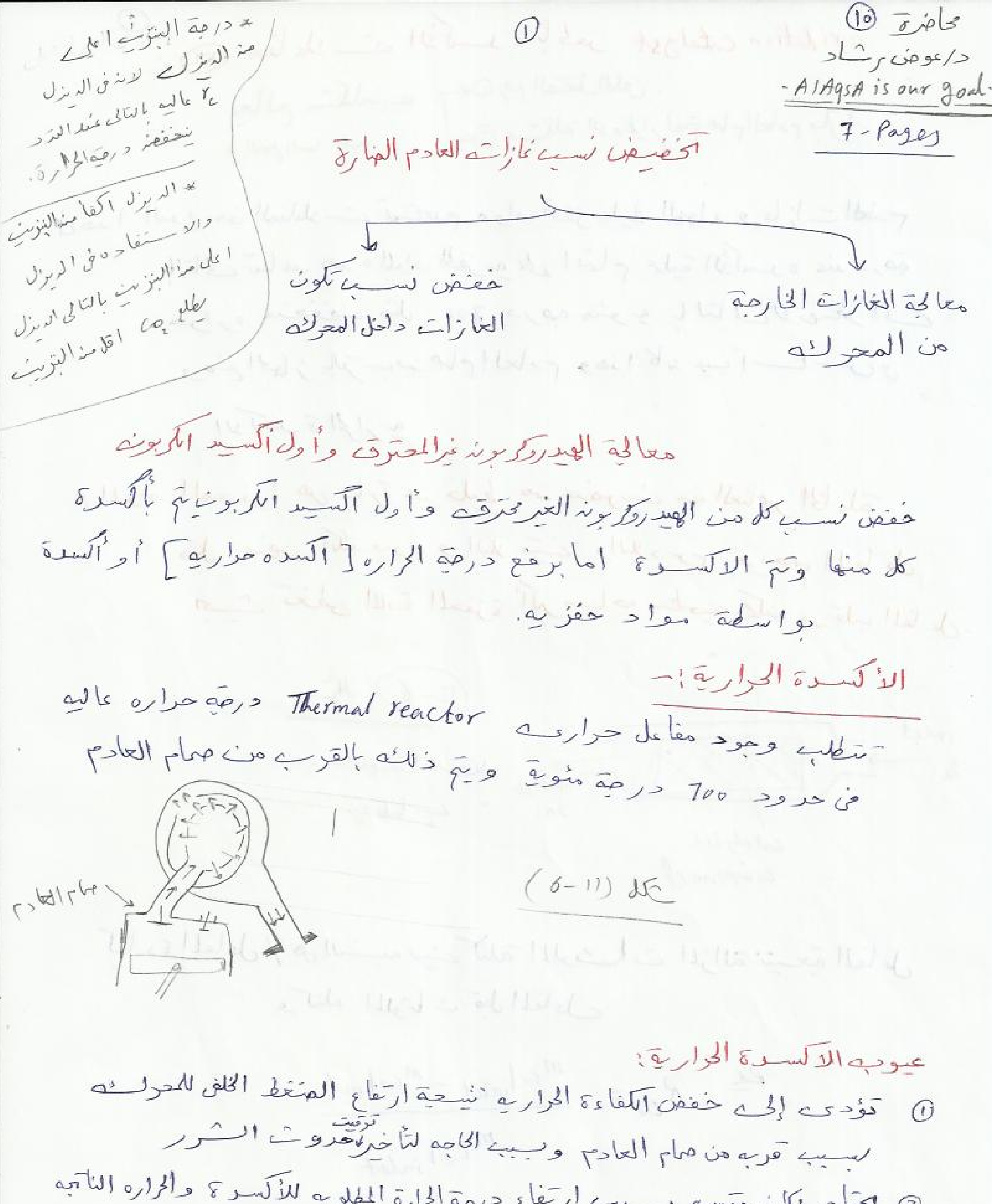
حيث يتم سحب عينة من الغازات بواسطة مكبس ماص مجهز بحيث تمر العينة على فلتر ورقى يحتجز حبيبات الكربون بالتالى يسود لون الفلتر وحسب درجة سواد الورقة الذى يعبر عنه برقم سواد متفق عليه يتم تحديده عن طريق مقارنة درجة سواد ورقة الفلتر بواسطة العين المجردة مع درجات سواد قياسية مدرجة على ورقة ملحقة بالجهاز.



② جهاز قياس نسبة الهباب باستخدام الخلايا الضوئية.

حيث يتم قياس الهباب آليًا عن طريق الخلايا الضوئية ومن خلال الضوء الذى ينعكس على الورقة ونقيس مدى الانعكاس وعمل معايرة بالتالى لا يعتمد على العامل البشرى.





* درجة البنزين اعلى من الديزل لان ضغط الديزل r_c عاليه بالتالى عند التمدد تنخفض درجة الحرارة.

* الديزل اكفأ من البنزين والاستفادة فى الديزل اعلى من البنزين بالتالى الديزل يطلع CO_2 اقل من البنزين

تخفيض نسب غازات العادم الضارة

- خفض نسب تكون الغازات داخل المحرك
- معالجة الغازات الخارجة من المحرك

معالجة الهيدروكربون غير المحترق وأول أكسيد الكربون

خفض نسب كل من الهيدروكربون الغير محترق وأول أكسيد الكربون يتم بأكسدة كل منها ويتم الأكسدة اما برفع درجة الحرارة [أكسدة حرارية] أو أكسدة بواسطة مواد حفزية.

الأكسدة الحرارية :-

تتطلب وجود مفاعل حراري Thermal reactor درجة حرارة عاليه فى حدود 700 درجة مئوية ويتم ذلك بالقرب من صمام العادم

صمام العادم

شكل (11-6)

عيوب الأكسدة الحرارية :

1. تؤدى إلى خفض الكفاءة الحرارية نتيجة ارتفاع الضغط الخلفى للمحرك بسبب قربه من صمام العادم وبسبب الحاجة لتأخير توقيت حدوث الشرر
2. يحتاج لمكان متسع بسبب ارتفاع درجة الحرارة المطلوبة للأكسدة والحرارة الناتجة عنها ~~بسبب~~ زيادة HC ، CO تؤدى الى تلف قلب المفاعل.
3. لابد من وضع المفاعل أقرب ما يمكن من صمامات العادم للمحرك
4. لما يزود الضغط الخلفى فإنه يقلل الكفاءة ولما نفتح صمام العادم مبكراً بالتالى هيضيع جزء من القدرة وبالتقادم تزيد نسبة HC ويزداد احتراقها وينتج عنها حرارة فيعمل اجهادات حرارية للمحرك بالتالى تهالكه.

٢) مفاعلات الأكسدة بالحفز oxidation catalyst

يعالج مشكلتين في النوع السابق:
① رفع الضغط الخلفي.
② مشكلة الاضطرار لفتح صمام العادم مبكراً.

في هذا النوع من المفاعلات تستخدم مواد تحفز خليط الهواء وغازات العادم بالتالي تساعد هذه المواد الحفزية على اتمام عملية الأكسدة عند درجة حرارة منخفضة مثل 200 درجة مئوية بالتالي لا اضطرار الى وضع الجهاز بالقرب من صمام العادم وهذا كان عيب اساسي في الاكسدة الحرارية

* المواد المحفزة هي عبارة عن خليط من عنصرين من العناصر الخاملة مثل عنصر البلاتينيوم و البلاتين والبلاديوم ويصمم المفاعل بحيث تغطى المادة المحفزة أكبر مساحة سطحية ممكنة من قلب المفاعل.

شكل (12-6)

inlet gas → [catalytic compound] → outlet gas

لابد تراجع هذا الشكل في الكتاب

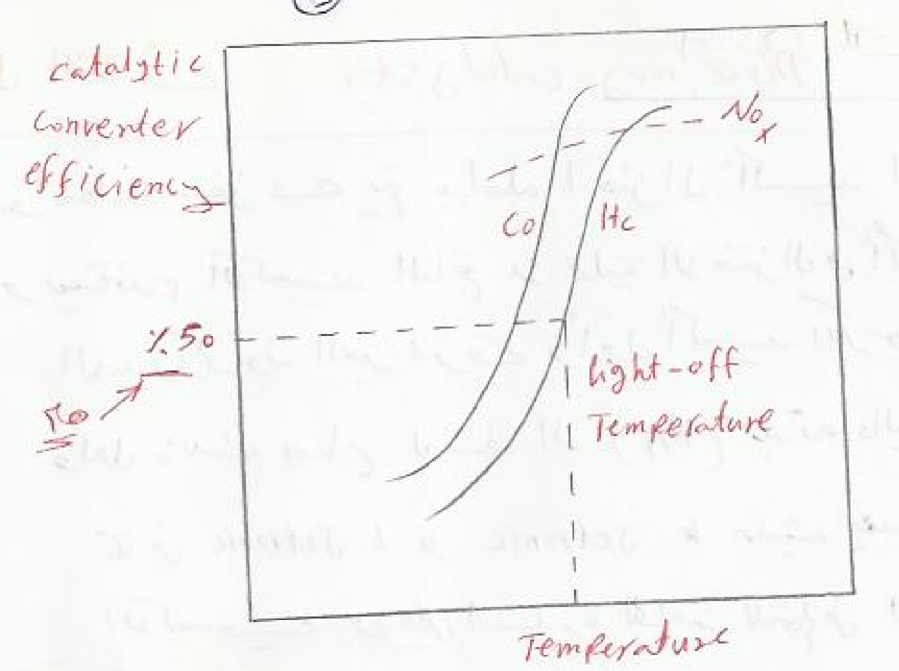
كفاءة المفاعل / هي النسبة بين كتلة الملوثات المزالة نتيجة المفاعل وكتلة الملوثات قبل المفاعل

$$R_{CO} = \frac{m_{CO}|_{inlet} - m_{CO}|_{out}}{m_{CO}|_{inlet}}$$

$$R_{HC} = \frac{m_{HC}|_{inlet} - m_{HC}|_{out}}{m_{HC}|_{inlet}}$$

عرف light of temperature ؟

هي درجة الحرارة التي تزيد عنده كفاءة المفاعل عن 50٪



[أثر درجة الحرارة على كفاءة مفاعل الأكسدة بالحفز]

معالجة الأكاسيد النيتروجينية

تتم معالجة الأكاسيد النيتروجينية بالاختزال وعادة في محركات البنزين يستغل وجود أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات الغير محترقة الموجودة في غازات العادم (مواد مختزلة) في التخلص من الأكاسيد النيتروجينية . وذلك في وجود مواد حافزة للاختزال (أكسيد نحاس أو أكسيد نيكل) وفي درجات حرارة ($350 : 600\,^\circ C$) والمعادلات التاليه توضح التفاعلات المحتمل حدوثها داخل المفاعل

$$NO + CO \longrightarrow \tfrac{1}{2} N_2 + CO_2$$

$$2NO + 5CO + 3H_2O \longrightarrow 2NH_3 + 5CO_2$$

$$2NO + CO \longrightarrow N_2O + CO_2$$

$$NO + H_2 \longrightarrow \tfrac{1}{2} N_2 + H_2O$$

$$2NO + 5H_2 \longrightarrow 2NH_3 + 2H_2O$$

$$2NO + H_2 \longrightarrow N_2O + H_2O$$

ويكون هذا المفاعل نشط في حالات الخليط الغني بالوقود فقط

عيوب الاختزال في الاكاسيد النيتروجينية :

1. ارتفاع درجة الحرارة
2. حاجة المفاعل الى عمل المحرك بخليط غني بالتالي يؤدي الى زيادة معدل استهلاك الوقود وانخفاض الكفاءة الحراريه
3. تلويث غازات العادم بسبب منا الأمونيا NH_3 .

$2NO + 5CO_2 + 3H_2O \rightarrow 2NH_3 + 5CO_2$

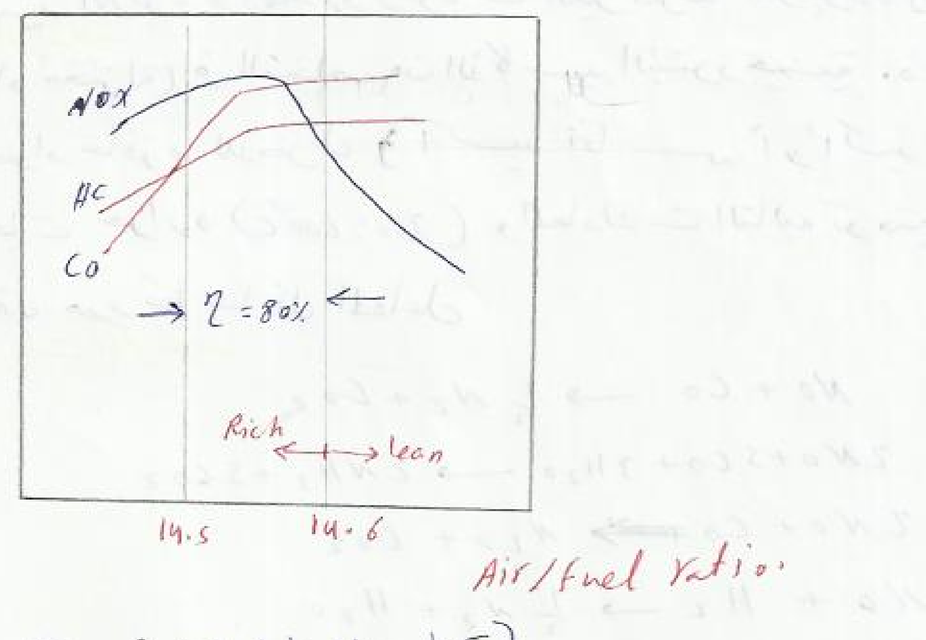
Three way catalysts المفاعل الثلاثي

هو مفاعل حفزي يتم بداخله اختزال أكسيد النتروجين ويستخدم الاكسجين الناتج من عملية الاختزال في أكسدة الهيدروكربون الغير محترق وأول أكسيد الكربون

ولعمل ذلك يحتاج لضبط الـ (A/f) بدقة عالية عن طريق sensor كما في L-Jetronic و K-Jetronic حيث يقيس نسبة الاكسجين ويعطي اشارة للحاقن للتحكم في الـ (A/f)

عيوبه

اننا لا نستطيع ان نشتغل بأقصى كفاءة لأن أعلى كفاءة تكون عند lean mixture (A/f = 17) ولكننا هنا مضطرين ان نشتغل بنسبة صحيحة (A/f = 15) .



[كفاءة المفاعل الثلاثي]

معالجة جسيمات الكربون العالقة (soot)

اولاً كيف يتكون الهباب ؟ ← درجة حرارة عالية + اكسجين قليل

* تتم المعالجة بواسطة استخدام مصايد لتجميعها ثم يتم تنظيف المصيدة بحرق الجسيمات المتجمعة عند درجة حرارة حوالي 600° داخل المصيدة وتحويلها إلى ثاني أكسيد الكربون

عيوب استخدام المصيدة؟

(1) يحتاج لدرجة حرارة عالية

(2) ممكن المصيدة تنسد وبالتالي يزداد الضغط الخلفي وهذا يؤدي إلى انخفاض القدرة والكفاءة الحرارية للمحرك.

(3) في ظروف التشغيل العادية للمحرك فإن درجة حرارة غازات العادم غير كافية لاتمام حرق الحبيبات بالمصيدة

(4) اجراء الحريق داخل المصيدة يجب ان يتم بدرجة تحكم عالية وإلا تسببت الحرارة الناتجة عن الحريق في تدمير المصيدة.

تخفيض نسب تكون الغازات الضارة داخل اسطوانة المحرك

أولاً تخفيض نسب أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات غير المحترقة

يتم ذلك عن طريق استخدام خليط ضعيف بدرجة لا تؤثر على جودة الحريق

ثانياً تخفيض نسب الألدهيد

يتم طلاء السطح الداخلي لرأس الاسطوانة كذلك تاج المكبس بطبقة من النحاس الأحمر بسمك 300 MM مما يؤدي إلى تخفيض مركبات الألدهيد بنسب ملحوظة في عادم المحرك الذي يستخدم خليط من الجازولين والايثانول.

ثالثاً تخفيض نسب حبيبات الكربون (soot)

* الدوامية الناتجة من الغرفة أكثر منه في غرف الحقن المباشر
* سطح الاحتراق مثل

* متى يخرج الـ soot؟
* يخرج بشكل ملحوظ في محركات الديزل عندما تعمل عند القدرة القصوى وتكون بسبب عدم وجود هواء كافي لاحتراق الوقود في بعض الاماكن داخل المحرك وذلك لعدم التذرير الجيد للوقود أو لضعف دوامية الهواء داخل غرف الاحتراق.

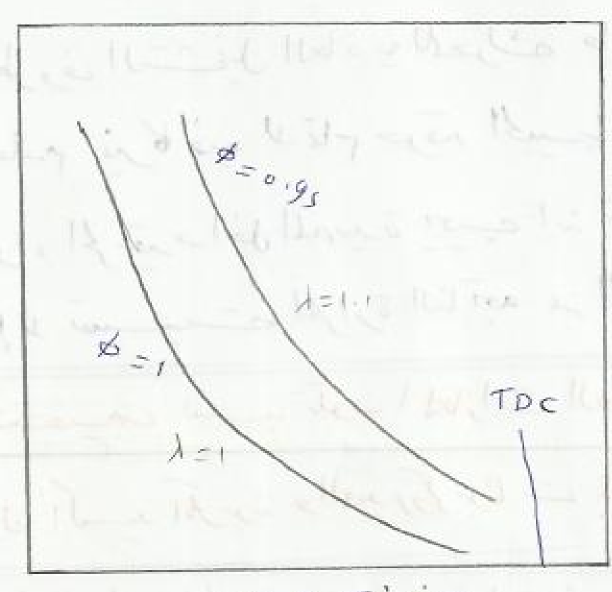
* طرق التخفيض ← تحسين عملية تذرير الوقود من خلال استخدام الضخات الحديثة لحاقن الوقود
← استخدام غرف حقن غير مباشر لأنها تمتاز بارتفاع الدوامية مما تؤدي الى تخفيض نسب حبيبات الكربون

رابعاً تخفيض نسب الأكاسيد النيتروجينية :-

1- توقيت بداية الاحتراق
2- استخدام حفاز السيانوريك
3- استخدام حاقن للأمونيا
4- EGR

١- توقيت بداية الاحتراق :-

* يؤدي تأخير توقيت بداية الحريق إلى خفض درجة الحرارة القصوى للغازات داخل ~~الاسطوانة~~ اسطوانة محرك الاشتعال وبالتالي خفض نسب الأكاسيد النيتروجينية
ولكن لاحظ أن هذا الأسلوب يكون على حساب قدرة المحرك وكفاءته الحرارية.



كل ما تقرب من TDC تقل الملوثات

* تركيز قيم ϕ

كل ما تقل ϕ يزيد NO_x لأن الأكسجين يقل.

أثر توقيت الشرر على نسبة الأكاسيد النيتروجينية في العادم

٢- استخدام حمض السيانوريك cyanuric acid

هو حمض صلب يتبخر عند تسخينه دون أن يمر بالحالة السائلة عند امرار غازات العادم عليه يتفاعل مع أكاسيد النيتروجين عند حوالي 500 ْC فيحول الى 90 % منها إلى نيتروجين وبخار ماء وثاني أكسيد الكربون

* هذا الأسلوب يستخدم للمحركات الثابتة ويعوق استخدامه في محركات المركبات أن وزنه يكون ثقيل وحجمه يكون كبير لهذا لا يستخدم فيها.

٣- استخدام حاقن للأمونيا Ammonia injection system .

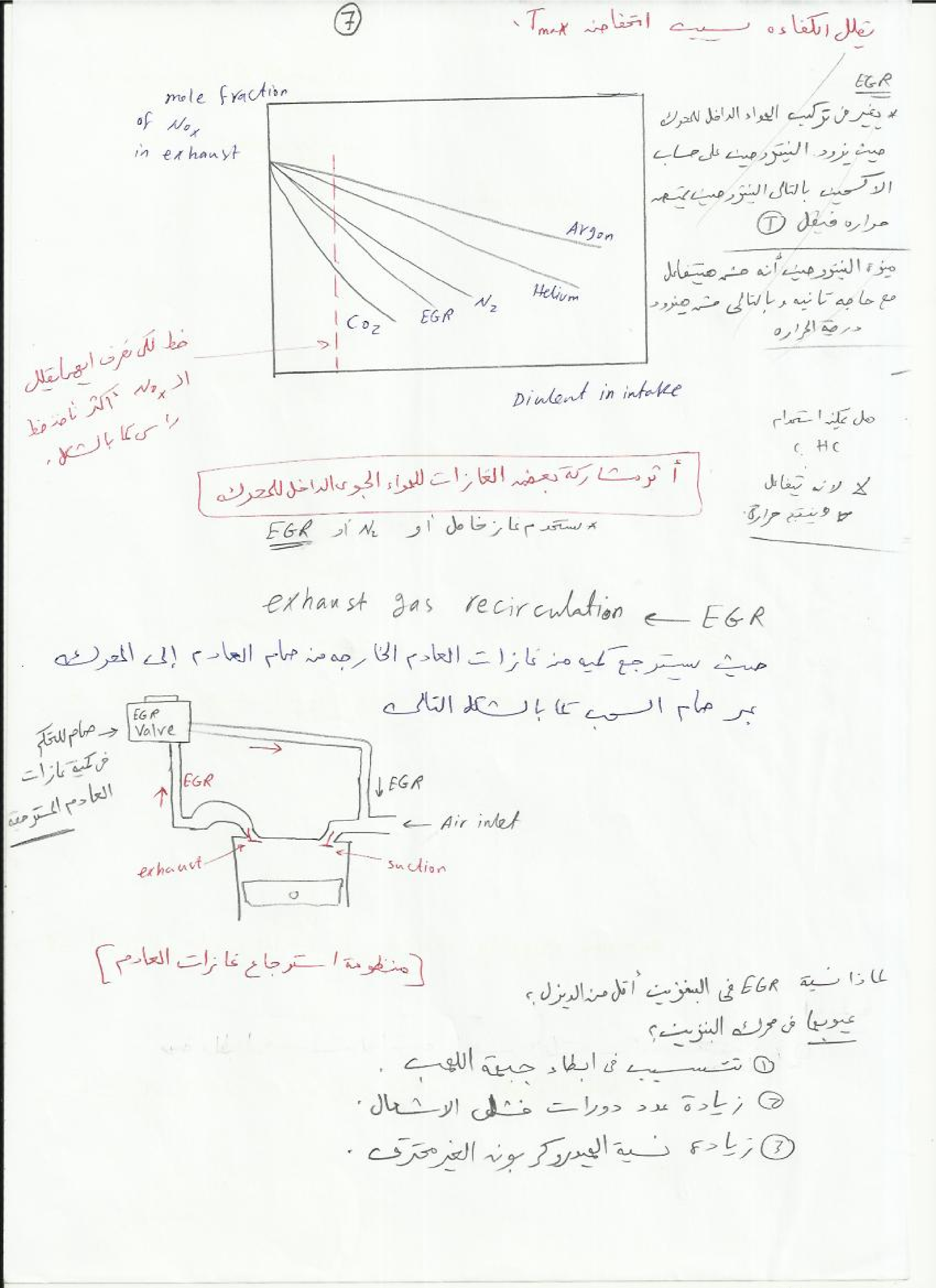
هذا النظام يستخدم أيضاً للمحركات الثابتة حيث يحتاج الى خزان أمونيا حيث :

$$4\,NH_3 + 4\,NO + O_2 \longrightarrow 4\,N_2 + 6\,H_2O$$

$$8\,NH_3 + 6\,NO_2 \longrightarrow 7\,N_2 + 12\,H_2O$$

٤- استخدام أسلوب تغير التركيب النوعي للهواء الداخل للحريق :

فكرة هذا الأسلوب هي خفض درجة الحرارة القصوى للغازات داخل غرفة الاحتراق وبالتالي خفض نسبة الأكاسيد النيتروجينية حيث أنها تتناسب طردياً مع درجة الحرارة ويتم خفض درجة الحرارة بواسطة اضافة كمية من الغازات الخاملة [أو الغازات التي ليست لها القدرة على التفاعل مع الوقود] بالتالي هذا الغاز الخامل يمتص كمية من الحرارة المحررة من الوقود كي يصل لدرجة حرارة الخليط بالتالي تنخفض درجة حرارة الغازات ككل ولكن هذا يقلل الكفاءة الحرارية



7
تقلل الكفاءه بسبب انخفاض T_{max} ،
EGR
* يغير من تركيب الهواء الداخل للمحرك حيث يزود النيتروجين على حساب الاكسجين بالتالي النيتروجين يمتص حراره فيقل T
ميزة النيتروجين أنه مش هيتفاعل مع حاجه تانيه و بالتالي مش هيزود درجة الحراره
mole fraction of NO_x in exhaust
Argon
Helium
N_2
EGR
CO_2
Diluent in intake
خط لكي نعرف ايهما يقلل الـ NO_x أكثر نأخذ خط رأسي كما بالشكل.
هل يمكن استخدام HC ؟
لا لأنه يتفاعل
و ينتج حرارة
أثر مشاركة بعض الغازات للهواء الجوي الداخل للمحرك
* نستخدم غاز خامل أو N_2 أو EGR
exhaust gas recirculation ← EGR
حيث نسترجع كمية من غازات العادم الخارجه من صمام العادم إلى المحرك عبر صمام السحب كما بالشكل التالي
EGR Valve
صمام للتحكم في كمية غازات العادم المسترجعة
EGR
EGR
Air inlet
exhaust
suction
[منظومة استرجاع غازات العادم]
لماذا نسبة EGR في البنزين أقل من الديزل ؟
عيوبها في محرك البنزين ؟
① تتسبب في ابطاء جبهة اللهب .
② زيادة عدد دورات فشل الاشتعال .
③ زيادة نسبة الهيدروكربونات الغير محترق .

youtube
system operation

محاضرة (١١)
د/ عوض رشاد
AlAqsA is our goal
2-pages

المحرك الهجين Hybird car

هو محرك يعمل بالبنزين والكهرباء معاً.

$\eta \uparrow \propto r_c \uparrow$

* مشكلة محرك البنزين :-

* تحاول تصميم المحرك لأعلى كفاءة حرارية وأقل معدل استهلاك للوقود

* محرك السيارة الهجين يشتغل دائماً عند الفتحة الكاملة ولكن يوجد هنا مشاكل عند بدء التشغيل وكذلك لما الحمل يقل لذا الحمل يقل نأخذ القدرة الزيادة لشحن البطارية.

وتم عمل السيارة الهجين لتحسين الكفاءة الكليه للمحرك.

* السيارة الهجين تعمل عند فتحه كاملة دائماً بالتالى لو أردنا تشغيلها عند حمل جزئى فإننا نأخذ الفائض من القدرة لشحن بطارية الكهرباء

بالتالى يوجد ماتور يعمل كـ < generator أحياناً / ماتور أحياناً اخرى

* الاتجاه الحديث يتجه الى استخدام r_c متغيرة

يعنى لما الحمل يقل نزود الـ r_c و لما الحمل نزيد نقلل الـ r_c

تغير نسبة الانضغاط يفيد فى

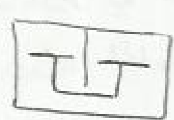
① يرفع كفاءة الماكنة ② يقلل المعدل النوعى لاستهلاك الوقود

③ استخدام أنواع مختلفة من الوقود

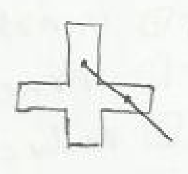
لانه كل نوع وقود يكون له r_c معينه بالتالى لو استطعنا تغيير الـ r_c نستطيع استخدام انواع مختلفة من الوقود.

} بنزين 95 ⟵ $r_c = 11$
} بنزين 81 ⟵ $r_c = 9$

* محرك المكبس الحر ⟵ حيث فيه لا يوجد تحويل لحركة دورانية



* المحركات المجنونة



المحركات متغيرة نسبة الانضغاط

Variable compression engines (VCR) — Variable compression ratio

من خلال تغيير نسبة الإنضغاط نستطيع زيادة الكفاءة عند الأحمال الجزئية.

مميزات دوران المحرك بنسب انضغاط مختلفة:

1. يمكن معها دوران نفس المحرك بأنواع متعددة من الوقود دون حدوث أضرار بأعلى كفاءة حرارية.
2. يمكن معها دوران المحرك بخليط من أنواع مختلفة من الوقود
3. تؤدى لزيادة مدى تشحيم محركات الاشتعال بالشرر عند الاحمال الجزئية لمحرك اشتعال بالشرر
4. تؤدى إلى خفض المعدل النوعى لاستهلاك الوقود

* ماذا يحدث لو وضعنا بنزين فى خزان وقود سيارة ديزل أو العكس؟
* ما الفرق بين الحمل و القدرة الفرملية؟ (القدرة الفرملية هى القدرة المولدة على طرف عمود الادارة و الحمل هو العزم المؤثر على طرف عمود الادارة ولا يكون الحمل بدون القدرة الفرملية)
* كيف يتغير حمل المحرك فى العمل وكيف يتغير على الطرق السريعة؟ (سؤال دا مهم) (كـ المطبات والكبارى والاحتكاك)
* كيف نختار نسبة انضغاط محرك بنزين؟ (تحدد بسبب صلفة وشديد ظهور ... ما ...)

* أساليب تغيير نسبة الانضغاط أثناء دوران المحرك

كامة تتحكم فى حجم الفراغ

بالتالى يتغير V_c متغير r_c

$$r_c = \frac{V_{st}+V_c}{V_c}$$

ملحوظة: الديزل أكفأ من البنزين لان الديزل به r_c عاليه يعنى شوط التمدد الفعلى كبير

ford (VCR) Head

Gomec system (VCR)

عبارة عن حلقه لامركزية موضوعة بين ذراع التوصيل وعمود الكرانك و تدور هذه الحلقة بواسطة محرك كهربى حيث نتحكم فى V_{st}.

مميزاته

1. Variable compression ratio ← نسبة الانضغاط متغيره خلال الاجراءات.
2. True over expansion ← لانه يزود شوط التمدد ويقلل شوط الانضغاط.
3. reduced pumping loss ← لا زود التمدد الضغط قل بالتالى تقل القدرة المطلوبه لضخ الوقود
4. reduced friction



موضوع الدرس ________
التاريخ / /

* البنزين في ديزل

يحدث له pre-ignition حيث الاشتعال الذاتي
للبنزين اقل من الاشتعال الذاتي للديزل
بالتالي سيشتعل ولا زال في شوط
الانضغاط مما يؤدى الى شغل عكسي
قد يؤدى لانكسار ذراع التوصيل
ولو صمام السحب مفتوح قد يحدث
له Back fire للكربراتير .

لأن T_c ديزل اكبر من T_c بنزين

* الديزل في البنزين

* قد لا يشتعل

* وقد يشتعل ويكون في نهاية اجراء الانضغاط $> T_c$
بالتالي معظم الاشتعال يحدث
والمكبس نازل بالتالي لا تستفيد
الحرق الوقود
* مما يؤدى لاحتراق سيء
مما يؤدى الى ان معظم الوقود يخرج دون ان يحترق
∴ كفاءة سيئة

← أيضاً مقارنة حمية العقود وتزيينها

حيث البنزين لا يستطيع تزيينها .

← حيث تبرير حرمة الحقة لا تكون إلا بالسوار

[المحركات التربينية]

وتنقسم إلى عدة أنواع:

1- محركات تربينيه فى تطبيقات صناعية
2- محركات تربينيه فى الطائرات } محركات نفاثة
3- محركات تربينيه فى الصواريخ }

بمعنى أن المحركات النفاثة لها نوعين < (1) طائرات (2) صواريخ.

⇐ اذكر مزايا وعيوب المحركات الدفعيه ؟ ↓

⇐ (52) ماهى ميزة المحركات التربينيه عن محركات الديزل والبنزين ؟

1- استقرار عزم الدوران وانخفاض الذبذبات الميكانيكيه الناجمة عن دورانه
2- اتساع نطاق قدرته حيث تتراوح بين 10kw وحتى 200MW
3- قلة اجزائه الميكانيكيه بالتالى ارتفاع قدرته النوعيه وانخفاض تكاليف الصيانة
4- يمكن استخدام انواع مختلفه من الوقود تتراوح بين الوقود الخفيف نسبياً مثل الكيروسين
5- يتنوع فى تطبيقاته حيث يستخدم فى مجال انتاج الطاقه الكهربائيه ومجال التطبيقات الصناعيه وفى مجال النقل البحرى والجوى والقطارات.
6- يوجد حركه دورانيه بدلاً من الحركه الترددية بالتالى لو كلاهما له نفس المساحه فيكون الاحتكاك فى حالة الحركه الدورانيه اقل مما يعنى كفاءة ميكانيكيه أعلى
7- ثابت فى عزم دورانه

ديزل — توربين

عيوب المحركات التربينيه

(1) ضعف استجابتها لأى تغير سريع فى الحمل الخارجى الواقع على المحرك ولهذا فهى تناسب العمل فى أغراض ذات أحمال مستقرة أو بطيئة التغير فى الحمل وهذا الامر يؤدى إلى الحد من استخدامها فى مجال السيارات والشاحنات الخفيفة.

②

٢ـ كفاءتها فى الاحمال الجزئيه تكون منخفضه

حيث نظراً لان جزء كبير من طاقة المحرك تستخدم فى اداره ضاغط الهواء الذى يمد غرفة الاحتراقه بالهواء اللازم للاحتراقه وكذلك لتبريد الغرفة والتى قد تصل الى حوالى ٧٠ ٪ نجد ان كفاءة المحرك الحراريه غالباً ما تكون اقل منها من المحركات الترددية خاصة محركات الديزل كما تنخفض هذه الكفاءه بشدة عند الاحمال الجزئيه

٣ـ زمن الـ starting أطول من الديزل والبنزين

٤ ـ درجة الحراره الخارجه من التربينه عاليه بالتالى مفاقيد عاليه بالتالى تكلفة الكيلووات عاليه.

٥ ـ ارتفاع سرعة دوران عامود التربين خاصة فى المحركات الصغيره والمتوسطه يخفض من عزم الدوران الى حد كبير مما يستلزم تخفيض السرعه باستخدام وسائل ميكانيكيه مختلفه مما يقلل من الكفاءه الميكانيكيه الاجماليه.

توضيح بعض النقاط التى ذكرناها فى المميزات

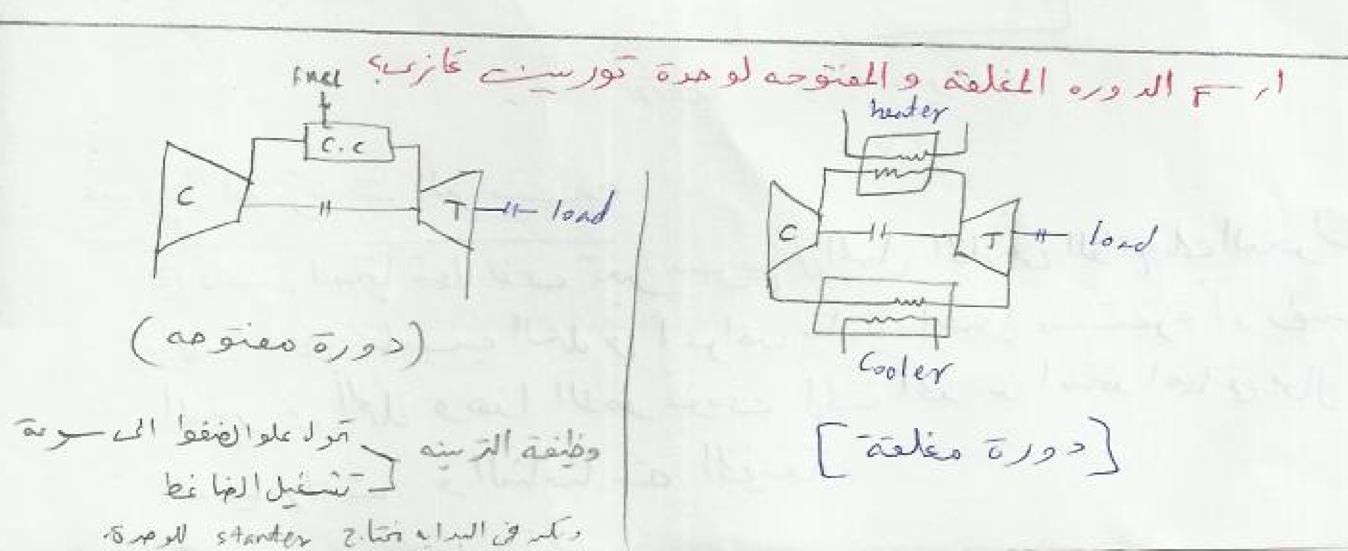
* استقرار عزم الدوران /

لانه حريق مستمر Continons وليس حريق متقطع كما فى حالة محركات الاحتراق الداخلى

* تستخدم (A/f) عاليه/

حيث نأخذ جزء كبير من الهواء لعمليات التبريد

ارسم الدوره المغلقة والمفتوحه لوحدة توربينة غازيه؟



③

الكتاب ص ١٤٣ / ١٤٤

غرف احتراق التوربين الغازي :

- تتكون غرف احتراق التربينات الغازيه من جزأين أساسين هما

① اسطوانة اللهب Fire tube

② قميص التبريد Air Jacket

ويتقسم الهواء الخارج من الضاغط الى جزأين
يدخل أحدهما الى غرفة الاحتراق حيث يختلط بالوقود
المحقون فى الغرفه وذلك حسب نسبة الهواء الى
الوقود المطلوبة ~~[illegible]~~

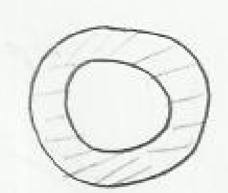
(غرفة احتراقة توربين غازي)

* لضمان استقرار اللهب عند ظروف التشغيل المختلفه يتم التحكم فى حركة الهواء والوقود داخل اسطوانة اللهب بحيث تساعد على سرعة التفاعل. أما الجزء الاخر من الهواء فيسرى حول ~~الاسطوانة~~ اسطوانة اللهب من الخارج حيث يعمل على تبريدها خاصة حول منطقة الاحتراق ثم يدخل الهواء الى داخل الغرفة ليختلط بغازات العادم بغرض التحكم وضبط درجة حرارة مخلوط الغازات قبل دخولها على ريش التربين .

* انواع غرف احتراق محركات التربين الغازي

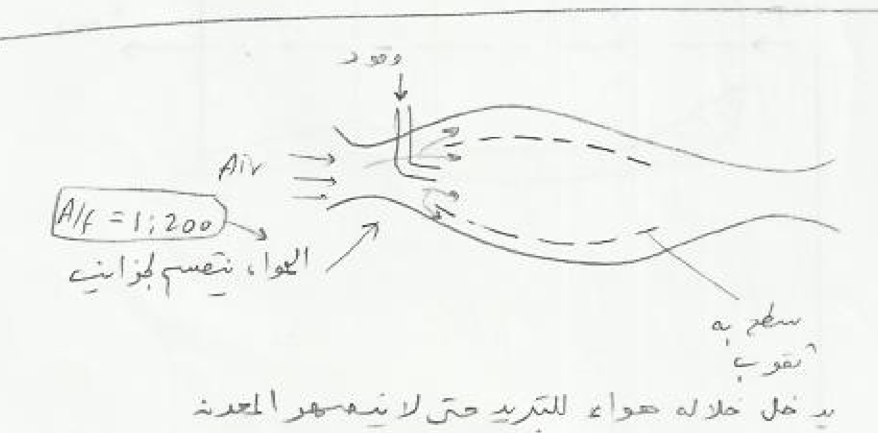
① غرف احتراق اسطوانية

مهم انظر fig(a) ص ١٤٤



② غرف حلقية

مهم انظر fig(b) ص ١٤٤



يدخل خلاله هواء للتبريد حتى لا ينصهر المعدن

ما المتطلبات اللازم أخذها في الاعتبار عند تصميم غرف احتراق التربينات الغازية ؟

١- أعلى كفاءة احتراق
٢- ان يكون الفقد في الضغط بين مدخل ومخرج الغرفة أقل ما يمكن
٣- سهولة بدء الاحتراق عند مختلف الظروف الجوية
٤- العمل في مدى واسع من نسب الهواء إلى الوقود والتي تتراوح بين 1:40 وحتى 1:200
٥- عدم السماح بتكون بقايا الكربون داخل الغرفة حتى تستمر الغرفة لعمر أطول
٦- ان يتناسب عمر غرفة الاحتراق مع عمر المحرك التربيني ككل
٧- ان تكون ذات تصميم مدمج من حيث الحجم و خفة الوزن خاصة في محركات الطائرات
٨- ان تكون درجة حرارة الغازات الخارجة من الغرفة متساوية على طول مساحة المقطع حتى لا تحدث اجهادات حرارية كبيرة على ريش التربينة ولضمان ذلك يجب عمل خلط جيد بين جزيئات الغازات الخارجة من غرفة الاحتراق.
٩- التحكم في درجة حرارة الغازات قبل دخولها الى ريش التربينة لمنع اي تأثير سلبي عليها
١٠- الحفاظ على استقرار اللهب مهما كانت سرعة الهواء الداخل للغرفة

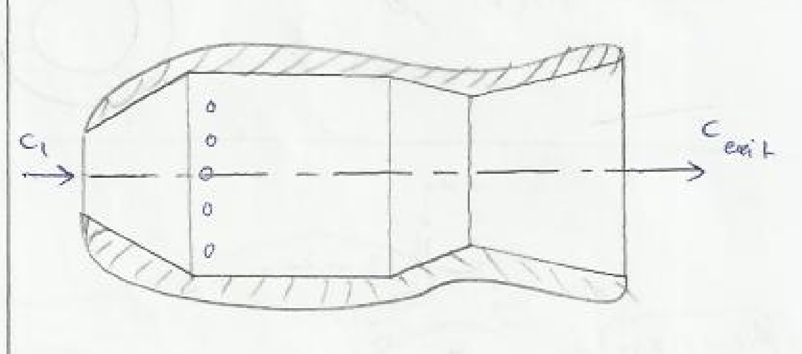
المحركات الدفعية [المحرك النفاث] [الصواريخ]

* تعتمد المحركات الدفعية على القوة الناشئة من اندفاع الغازات الخارجة من nozzle مركبة عند مخرج التربين الغازي حيث يتم تحويل ضغط الغازات إلى Kinetic energy

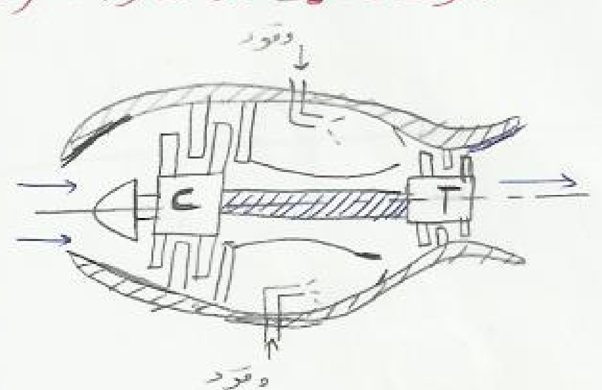
* تستخدم في الطائرات وخاصة الطائرات النفاثة

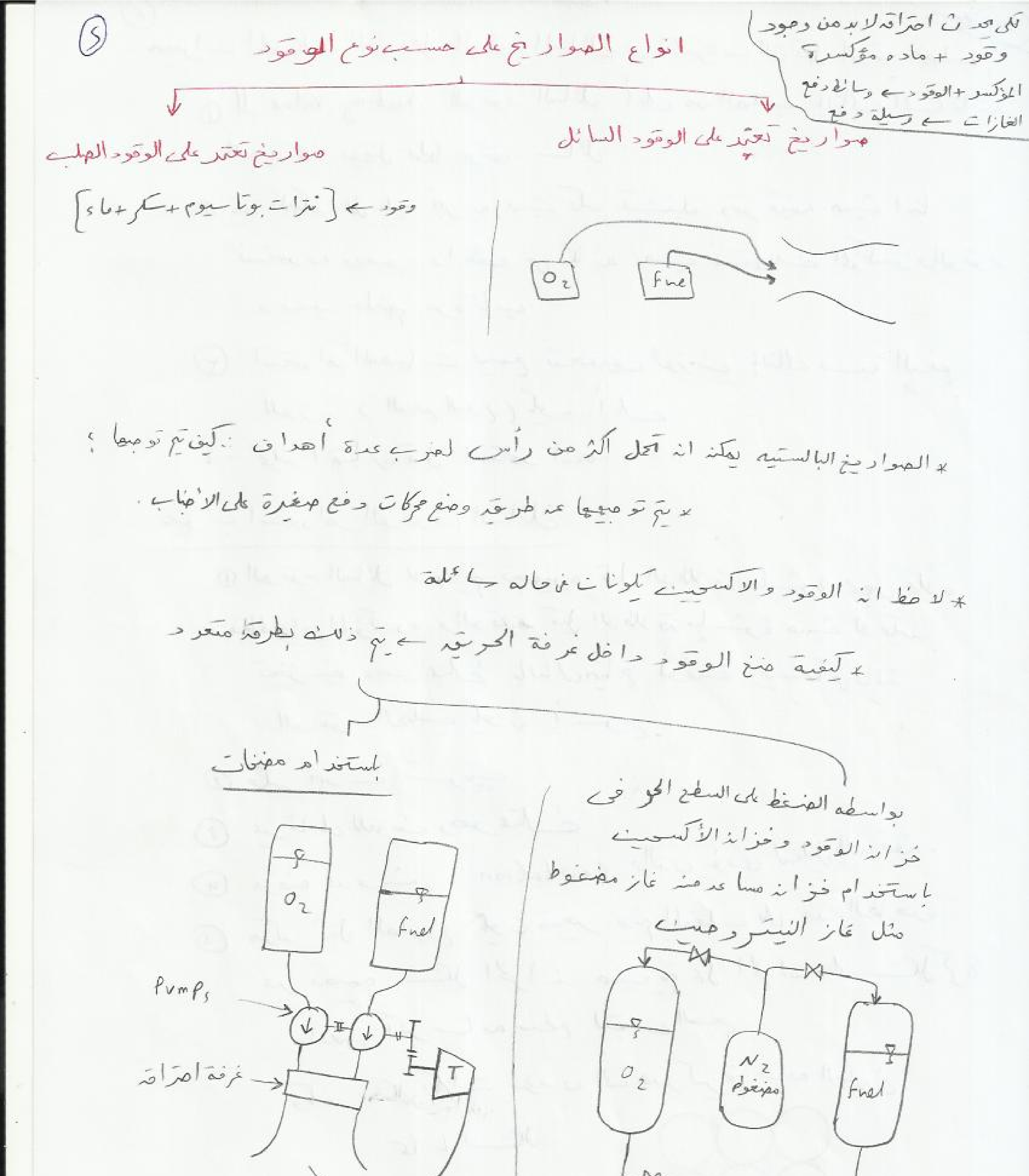
أنواع المحركات الدفعية

محرك دفع لا يحتوي على أي أجزاء متحركة



محرك دفع يعتمد على تربين غازي





حيث نقوم بعمل وحدة توربين غازي
بها نبدأ الحريق وبها نشغل المضخات

مميزات المحركات التى تعمل بالوقود السائل عن المحركات التى تعمل بالوقود الصلب؟

① الـ heating value للوقود السائل أعلى من الصلب بالتالى المسافات البعيدة يفضل عملها وقود سائل

② من الممكن عمل عليه تجربه حيث يمكن تشغيله وتوقيفه حيث اننا نستخدمه وهو واقف فى مكانه حيث نستهلك المؤكسد والوقود ونعيد ملئهم مره تانيه

③ استخدام المضخات يسمح بتخفيف الوزن بالتالى نسبة الدفع للوزن (الدفع النوعى) يكون أعلى

٤ - يمكن اختباره قبل استخدامه

عيوب استخدام الوقود السائل

① الوقود السائل لابد يتم تجهيزه قبل الاطلاق مباشرة بحيث نملأه بالمواد المؤكسده والوقود قبل الاطلاق مباشرة حيث لا يمكن تخزينه وهو متآكل بالتالى يحتاج لوقت بينما فى حالة الوقود الصلب يكون أسرع

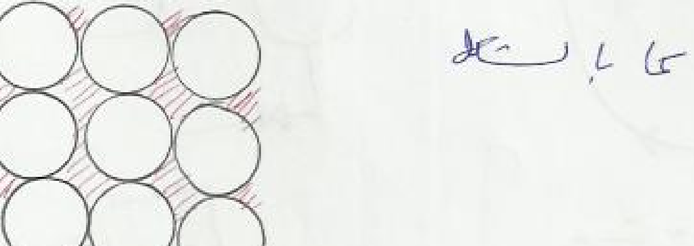
② يمكن يحدث تسريب

③ غير قابل للتخزين وهو متآكل

④ عرضه لحدوث Cavitation والذى يؤدى لتقليل التدفقه.

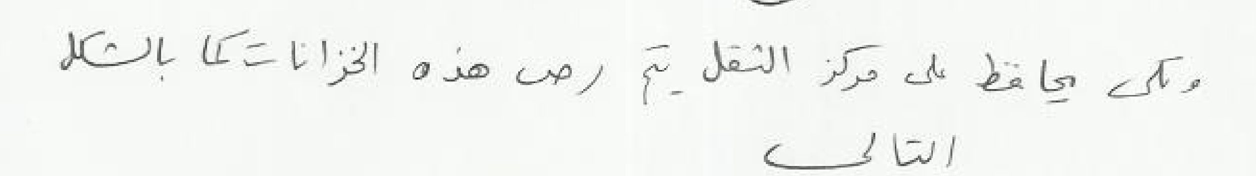
⑤ مركز ثقل الصاروخ يكون متغير ويتم التغلب على هذه الظاهرة عبر تصميم شكل الخزانات حيث يتم عمل الخزانات على شكل كرة مما يعنى أكبر مساحه سطح لنفس الحجم

ولكن شكل الكرات تؤدى الى هدر كبير فى مساحة الصاروخ كما بالشكل

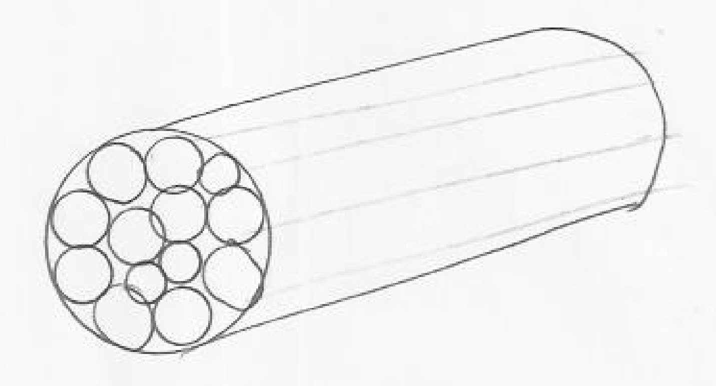


لذا يتم عملها اسطوانيه كما بالشكل فى الصفحه التاليه حتى نستفيد بأكبر مساحه داخل الصاروخ

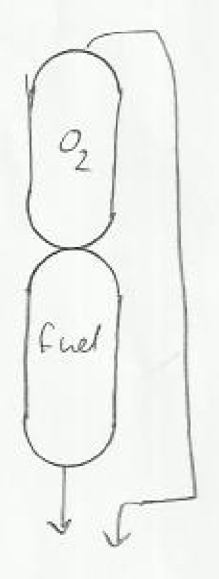




ولكي يحافظ على مركز الثقل يتم رص هذه الخزانات كما بالشكل التالي

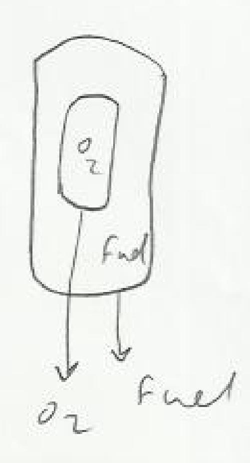


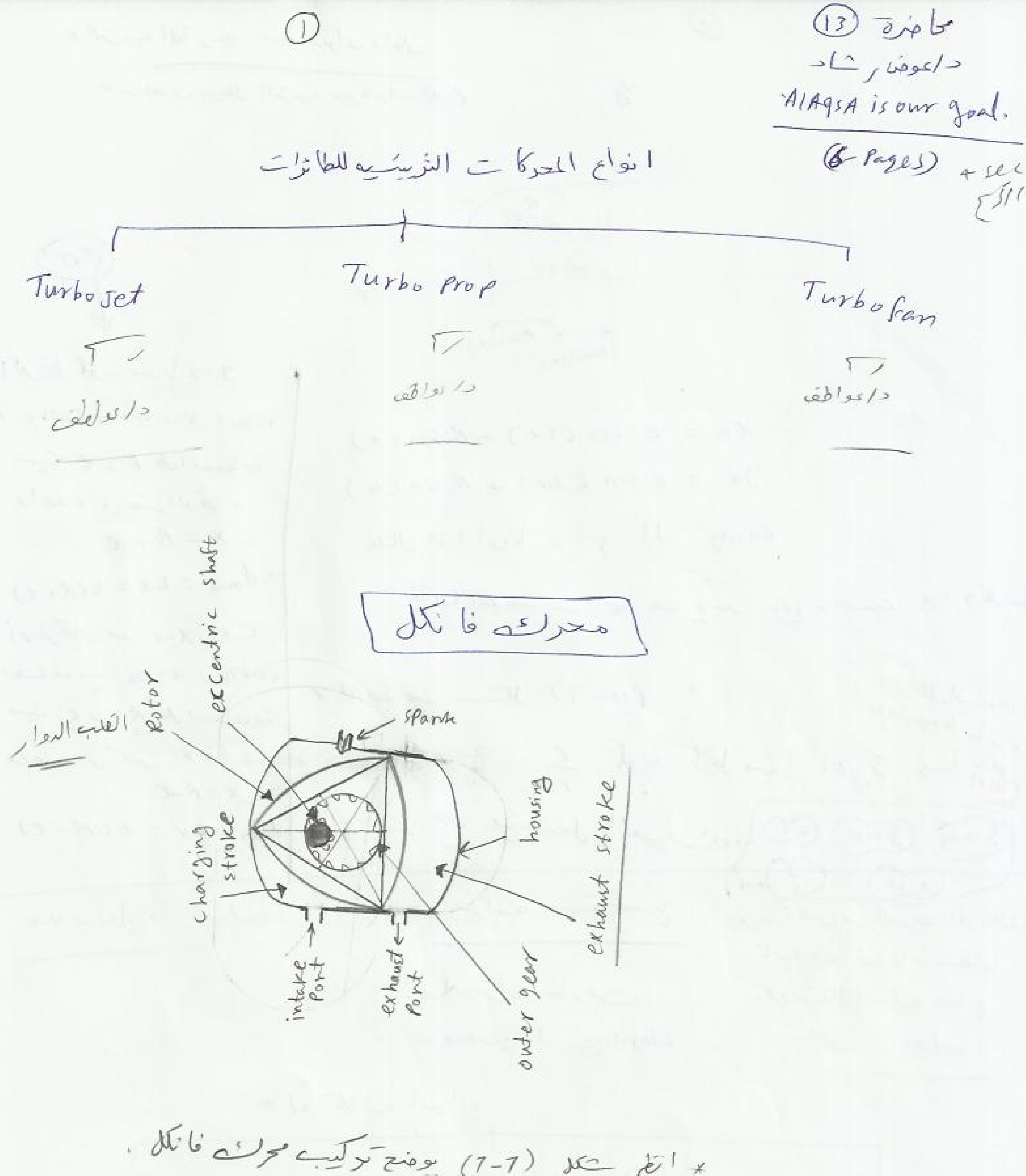
ويوجد نوع اخر من الرصات كالتالي



ويوجد نوع اخر من الرصات كالتالي

داخل بعضه

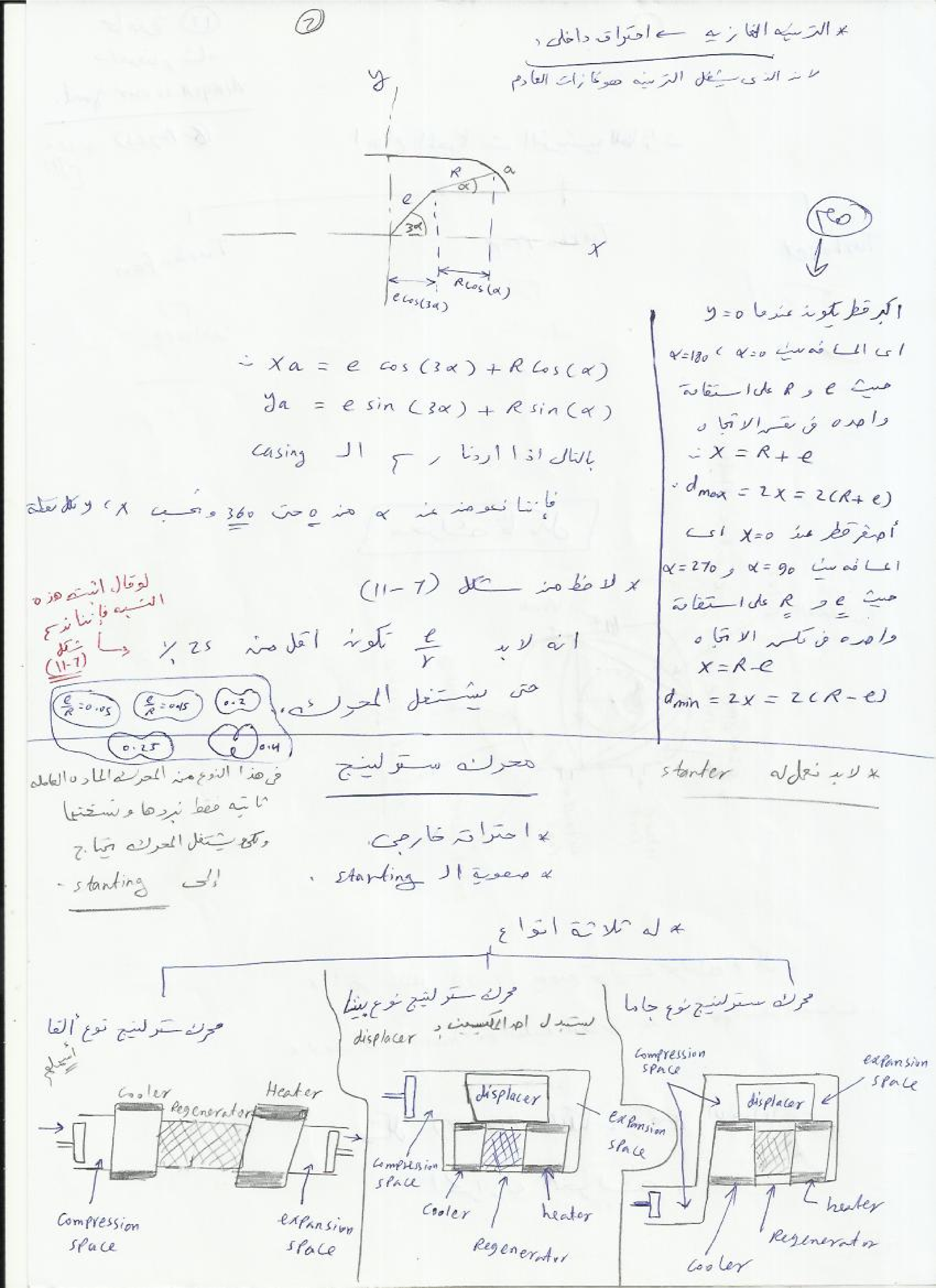




* انظر شكل (7-7) يوضح تركيب محرك فانكل .

* لاحظ ال housing مع القلب الدوار يبدو كأنهم اسطوانتين .

شكل (7-18) بالكتاب يوضح الاجراءات الحراريه للمحرك .



(2)

* الترسيه الغازيه ← احتراق داخلي ،

لأن الذي يشغل الترسيه هو غازات العادم

$\therefore X_a = e\cos(3\alpha) + R\cos(\alpha)$

$Y_a = e\sin(3\alpha) + R\sin(\alpha)$

بالتالي اذا أردنا رسم الـ casing

فإننا نعوض عن α من 0 حتى 360 ونحسب x, y لكل نقطة

* لاحظ من شكل (7-11)

انه لابد $\frac{e}{r}$ تكون اقل من 25 %

حتى يشتغل المحرك.

لو قال ارسم هذه الشبه فإننا نرسم شكل (7-11)

(مهم)

أكبر قطر تكون عندما y = 0

اي الـ α فيها α=0 ، α=180

حيث e و R على استقامة واحدة في نفس الاتجاه

$\therefore X = R + e$

$\therefore d_{max} = 2X = 2(R+e)$

أصغر قطر عند X=0 اي

الـ α فيها α=90 و α=270

حيث e و R على استقامة واحدة في عكس الاتجاه

$X = R - e$

$d_{min} = 2X = 2(R-e)$

محرك ستيرلينج

* احتراق خارجي.
* صعوبة الـ starting.
* لابد نعمل له starter

في هذا النوع من المحرك المادة العاملة ثابته فقط نبردها ونسخنها ولكي يشتغل المحرك يحتاج الى starting.

* له ثلاثة انواع

محرك ستيرلنج نوع ألفا (أشهرهم)

محرك ستيرلنج نوع بيتا — يستبدل احد المكبسين بـ displacer

محرك ستيرلنج نوع جاما

نظرية عمل محرك ستيرلينج

استغلال فرق درجات الحراره بين وسطين لعمل حركه ترددية لمكبس

النوع الفا

يوجد مكبسان احدهما يسخن مائع التشغيل امامه بشكل مستمر والاخر يبرد مائع التشغيل امامه بشكل مستمر.

النوع بيتا والنوع جاما

يوجد مكبس واحد والمكبس الاخر تم استبداله بجسم اسطوانى متأرجح الحركه displacer والاختلاف بين بيتا وجاما فى كون المكبس والمتأرجح فى النوع بيتا يكونا معاً فى اسطوانة واحده بينما فى النوع جاما يكون كل منهما فى اسطوانه منفصله ويربط بين الاسطوانتين قناه تسمح بتبادل مائع التشغيل

مميزات محرك ستيرلنج /

* اعلى المحركات كفاءة حراريه
* يستخدم فى التطبيقات الفضائيه
* يستخدم للحصول على كهرباء من التطبيقات الشمسيه.

عيوب محرك ستيرلنج /

لا يمكن استخدامه فى المركبات نظراً لعدم استجابته السريعة لبدء الدورات وعمليات التعجيل.

* محركات ستيرلنج يمكن استخدامها كمحرك مكبس حر الذى سنشرحه لاحقاً حيث تستخدم فى التطبيقات التى لا تحتاج لحركه دورانية.

(٤)

[المحركات ذات المكبس الحر]

* تستخدم في حالة التطبيقات التي لا تحتاج لحركة دورانية

مثل ادارة مضخة ترددية هيدروليكية أو ضاغط ترددي.

حيث كلاهما حركة ترددية بالتالي لا حاجة لوجود كرانك

حيث الكرانك يستخدم فقط لتحويل الحركة الترددية لدورانية.

مميزاته

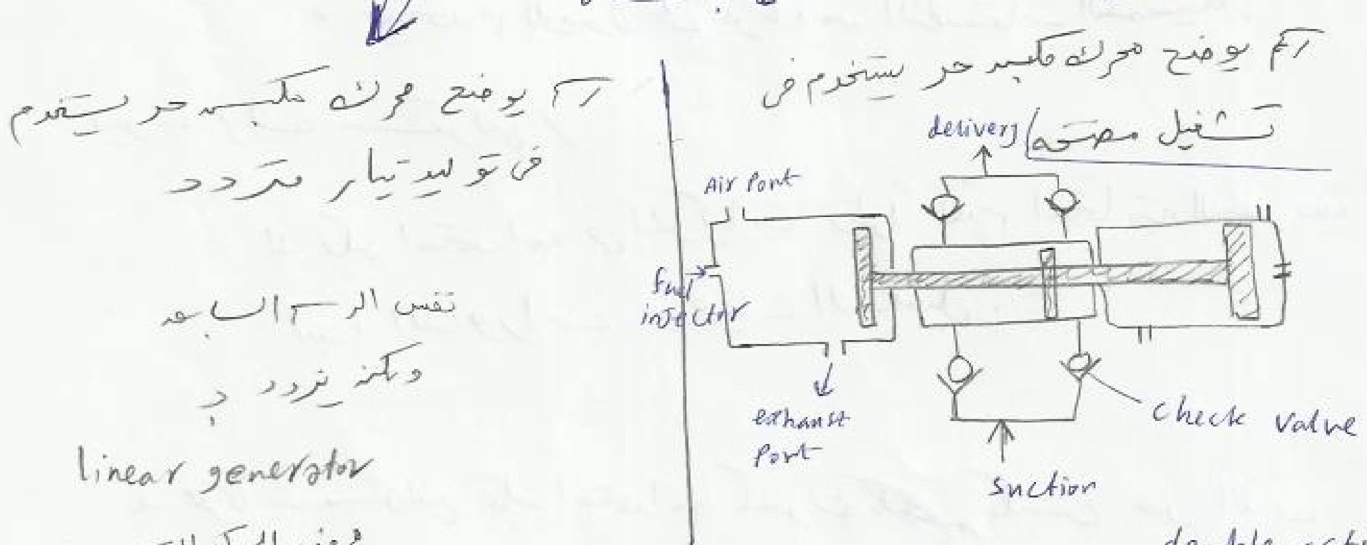
① خفض التكاليف [لا يوجد كرانك (عمود مرفق)]

② كفاءة ميكانيكية عالية [لأنه الكرانك كان يزود عدد العناصر الميكانيكية وتزيد مفاقيد الاحتكاك]

③ لما تزيد الكفاءة الميكانيكية فإن الكفاءة الحرارية تزداد وبالتالي خفض المعدل النوعي لاستهلاك الوقود.

④ يمكن توليد طاقة كهربية دون الحاجة لتحويل الحركة الترددية إلى حركة دورانية ويتم ذلك باستخدام مولد تيار كهربي ذو حركة خطية [حيث يتغير قطع قطع المغناطيس في مولد التيار]

كما بالشكل



الرسم يوضح محرك مكبس حر يستخدم في تشغيل مضخة

double acting

مرة سحب وطرد الجانب الأيمن وطرد وسحب

المستطيل الأيمن والمستطيل الأيسر عبارة عن محركين

المستطيل الأوسط مضخة ترددية

الرسم يوضح محرك مكبس حر يستخدم في توليد تيار متردد

نفس الرسم السابق ولكن نزود ب

linear generator

فيه الحركة الترددية تتوصل لمكبس مغناطيس.

مكبس يتحرك في ملف مغناطيسي.

شكل (7-16)

محرك اشعال بالشرر متعدد الطبقات
(stantified)

(في محرك البنزين فقط)

* لكي تقلل الـ miss fire

* حيث الشحنه اللى داخلة مكونه من طبقات وقوة الخليط تقل كل ما بعدنا عن شمعة الاحتراق

حيث في المحرك العادى كل ما ضعف الخليط حدث miss fire

* الهواء يدخل من جانب الاسطوانة بالتالى الهواء وهو داخل يأخذ جزء من الشحنه بالتالى تستطيع تقليل الـ miss fire بنسبه ١٠٪ تقريباً

exhaust
plug
شحنه (هواء + وقود)
suction
هواء

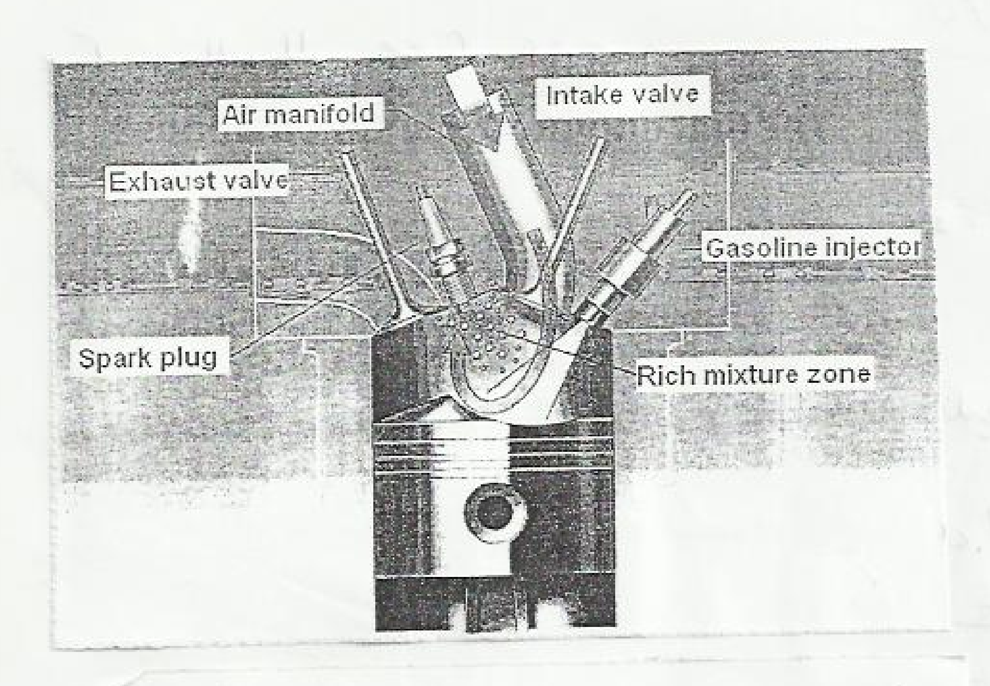
stratified charge engine

هو محرك اشعال بالشرر ذات شحنه من الهواء و الوقود على هيئة طبقات مختلفه في نسب الهواء إلى الوقود حيث يكون الخليط قوى بالقرب من الـ شمعة الاحتراق بالتالى تقل عدد مرات فشل الحريق ثم خليط في باقى الغرفه مما يزيد من الكفاءة الحراريه للمحرك.

(*) وفيه يتم حقن الوقود داخل اسطوانة المحرك أو في غرفه صغيرة تشكل جزء من غرفة الاحتراق كما في الشكل و يحقن الوقود في نهاية شوط الانضغاط

(حل الامتحان من المصدر للشمال)

المحرك مرسوم في الصفحه التالية.



شكل (3- 28) محرك إشعال بالشرر متعدد الطبقات
Stratified charge engine

